



Esta obra está bajo una [Licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en  
las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

**Karen Patricia Guerra Alva**

**ASESOR:**

**Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**

**Código N° 6054917**

**Moyobamba – Perú**

**2018**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

## FACULTAD DE ECOLOGÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017**

**AUTOR:**

**Karen Patricia Guerra Alva**

**Sustentada y aprobada el 03 de diciembre del 2018, ante el honorable jurado:**

Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna

**Presidente**

Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera

**Secretaria**

Ing. Juan José Pinedo Canta

**Miembro**

Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

**Asesor**

## **Declaratoria de Autenticidad**

**Karen Patricia Guerra Alva**, con DNI N° 71741118, egresada de la Facultad de Ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 03 de diciembre del 2018.



.....  
**Bach. Karen Patricia Guerra Alva**

DNI N° 71741118



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

|                      |   |           |           |
|----------------------|---|-----------|-----------|
| Apellidos y nombres: | Guerra Alva, Karen Patricia             |           |           |
| Código de alumno :   | 125106                                  | Teléfono: | 935464340 |
| Correo electrónico : | karenquerraalva@gmail.com DNI: 71741118 |           |           |

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Facultad de:            | ECOLOGÍA             |
| Escuela Profesional de: | INGENIERÍA AMBIENTAL |

**3. Tipo de trabajo de investigación**

|                                    |     |                          |     |
|------------------------------------|-----|--------------------------|-----|
| Tesis                              | (X) | Trabajo de investigación | ( ) |
| Trabajo de suficiencia profesional | ( ) |                          |     |

**4. Datos del Trabajo de investigación**

|                     |  |
|---------------------|--|
| Título:             | Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las anetas y su impacto en cultivos de arroz - Marena 2017 |
| Año de publicación: | 2018   |

**5. Tipo de Acceso al documento**

|                       |     |         |     |
|-----------------------|-----|---------|-----|
| Acceso público *      | (X) | Embargo | ( ) |
| Acceso restringido ** | ( ) |         |     |

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

|  |
|--|
|  |
|  |

**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

21/05/2019



.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

Dedico este peldaño de mi vida a Dios por su infinito amor, por permitirme realizar mis sueños y por la sabiduría para enfrentar los retos de la vida.

A mí querida madre Judith, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre Darwin, que desde muy temprana edad estuvo a mi lado apoyándome y brindándome su cariño incondicional para seguir adelante.

A mis hermanos Milagro, Emerson, Marco, Darwin a quienes quiero con todo el corazón y quienes con su ayuda, cariño y comprensión han sido parte fundamental en mi vida. A mi enamorado Joel (Jota) que a pesar de la distancia estuvo brindándome todo su apoyo, a mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

## **Agradecimiento**

A mis padres por hacer que este proyecto se haga realidad, a mis hermanos, que con su demostración de hermanos ejemplares me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre preservar a través de sus sabios consejos, a mi asesor por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo. Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.



## Índice

|  |          |
|--|----------|
| Dedicatoria.....   | vii      |
| Agradecimiento.....  | vii      |
| Índice .....   | viii     |
| Índice de tablas .....   | xi       |
| Índice de figuras .....  | xii      |
| Resumen .....  | xiii     |
| Abstrac.....   | xiv      |
| Introducción.....  | 1        |
| <b>CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                 | <b>3</b> |
| 1.1.    Antecedentes de la investigación.....                                  | 3        |
| 1.1.1    Internacional .....   | 3        |
| 1.1.2    Nacional.....   | 4        |
| 1.1.3    Local .....   | 4        |
| 1.2.    Marco Teórico .....  | 5        |
| 1.2.1.    Metales pesados.....   | 5        |
| 1.2.2.    Cromo .....  | 7        |
| 1.2.2.1    El Cromo (Cr) en el medio ambiente.....                             | 8        |
| 1.2.2.2    Efectos del cromo sobre la salud del ser humano.....                | 9        |
| 1.2.3.    Aluminio.....  | 10       |
| 1.2.3.1    Efectos del Aluminio sobre la salud .....                           | 11       |
| 1.2.3.2    Efectos ambientales del Aluminio .....                              | 11       |
| 1.2.4.    Hierro.....  | 12       |
| 1.2.4.1    Efectos del Hierro sobre la salud .....                             | 13       |
| 1.2.4.2    Efectos ambientales del Hierro .....                                | 14       |
| 1.2.5.    Contaminación del agua .....   | 14       |
| 1.2.6.    Contaminantes en las aguas de escorrentía urbana.....                | 15       |
| 1.2.7.    Contaminantes más frecuentes en las aguas de escorrentía urbana..... | 15       |
| 1.2.7.1    Sólidos en suspensión .....   | 15       |
| 1.2.7.2    Materia orgánica .....  | 16       |
| 1.2.7.3    Elementos patógenos .....   | 16       |
| 1.2.7.4    Nutrientes.....   | 16       |
| 1.2.7.5    Metales pesados .....   | 16       |
| 1.2.8.    Principales contaminantes del agua .....                             | 17       |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 1.2.9.  | Contaminación del suelo .....  | 18        |
| 1.2.9.1.  | Tipos de contaminación.....  | 20        |
| 1.2.10.   | Límites máximos permisibles.....   | 21        |
| 1.2.11.   | Norma del Codex Alimentarius para el arroz.....  | 22        |
| 1.2.12.   | Efectos tóxicos de los metales pesados .....   | 23        |
| 1.2.13.   | Cultivos de arroz.....   | 24        |
| 1.2.14.   | El cultivo de arroz en la Amazonía Peruana .....   | 24        |
| 1.2.15.   | Contaminación por metales pesados .....  | 25        |
| 1.2.16.   | ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación y generación de estos metales pesados? .....  | 25        |
| 1.2.17.   | ¿Qué efectos tiene respecto a la salud esta contaminación por metales pesados?.....                | 25        |
| 1.2.18.   | ¿Cuáles son los efectos respecto al medio ambiente? .....  | 26        |
| 1.2.19.   | ¿Cómo se eliminan del cuerpo estos metales pesados, como ser el cromo el hierro?.....              | 27        |
| 1.2.20.   | ¿Cuáles son las medidas sanitarias para controlar la contaminación de estos metales pesados? ..... | 27        |
| 1.2.21.   | ¿Cuáles son los síntomas, signos cuando la persona está contaminada por estos metales? .....       | 28        |
| 1.2.22.   | ¿Cuál es actualmente tratamiento que se está utilizando?.....                                      | 28        |
| 1.2.23.   | ¿Y cómo se realiza el diagnóstico? .....   | 28        |
| 1.2.24.   | Impacto en los cultivos de arroz.....  | 28        |
| <b>CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>     |  | <b>30</b> |
| 2.1.  | Materiales .....   | 30        |
| 2.2.  | Métodos .....  | 31        |
| 2.2.1.  | Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....   | 33        |
| <b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b> |  | <b>35</b> |
| 3.1   | Resultados.....  | 35        |
| 3.1.1   | Determinación de los metales pesados en el agua de riego .....                                     | 35        |
| 3.1.2   | Determinación de los metales pesados en la cascarilla de arroz .....                               | 35        |
| 3.1.3   | Correlación del contenido de Hierro en la cascarilla de arroz y en el agua de riego.....           | 36        |
| 3.1.4   | Prueba de hipótesis en la correlación del contenido de Hierro.....                                 | 37        |
| 3.1.5   | Correlación del contenido de Aluminio en la cascarilla de arroz y el agua de riego.....            | 37        |
| 3.1.6   | Prueba de hipótesis en la correlación del contenido de Aluminio.....                               | 38        |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 3.1.7   | Correlación del contenido de Cromo en la cascarilla de arroz y el agua de riego..... | 39 |
| 3.1.8   | Prueba de hipótesis en la correlación del contenido de Cromo .....                   | 40 |
| 3.1.9   | Impactos de los metales pesados (Cr, Al, Fe) en los cultivos de arroz.....           | 40 |
| 3.1.10  | Contenido de iones en el suelo .....   | 42 |
| 3.2   | Discusión .....  | 43 |
| CONCLUSIONES .....  |  | 45 |
| RECOMENDACIONES.....  |  | 46 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  |  | 47 |
| ANEXOS .....  |  | 51 |
| Anexo A: Registro de toma de muestras de agua en el área de estudio .....                 |  | 52 |
| Anexo B: Registro de toma de muestras de suelo en el área de estudio.....                 |  | 55 |
| Anexo C: Registro de toma de muestras de la cascarilla de arroz en el área de estudio ... |  | 56 |
| Anexo D: Resultados de laboratorio de muestras de agua y suelo .....                      |  | 57 |
| Anexo E: Resultados de laboratorio de muestras de arroz .....                             |  | 69 |
| Anexo F: Gráfico de la zona de muestreo .....   |  | 76 |
| Anexo G: Plano de ubicación de muestreo.....  |  | 77 |
| Anexo H: Panel Fotográfico .....  |  | 78 |

## Índice de tablas

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Tabla 1.</b>  | Químicos inorgánicos contaminantes del agua.....   | 17 |
| <b>Tabla 2.</b>  | Clasificación de contaminantes en función de sus características.....  | 19 |
| <b>Tabla 3.</b>  | Límites máximo permisibles (LMP).....  | 22 |
| <b>Tabla 4.</b>  | Nivel máximo .....   | 23 |
| <b>Tabla 5.</b>  | Límite máximo permisible para el arroz con cascarilla.....   | 23 |
| <b>Tabla 6.</b>  | Muestreo de suelos .....   | 30 |
| <b>Tabla 7.</b>  | Muestreo de aguas .....  | 31 |
| <b>Tabla 8.</b>  | Muestreo de granos de arroz.....   | 31 |
| <b>Tabla 9.</b>  | Contenido de metales pesados en el agua de riego.....  | 35 |
| <b>Tabla 10.</b> | Contenido de metales pesados en la cascarilla de arroz .....   | 36 |
| <b>Tabla 11.</b> | Correlación entre el contenido de Hierro en la cascarilla de arroz y el<br>contenido de Hierro en el agua de riego.....                          | 36 |
| <b>Tabla 12.</b> | Prueba de hipótesis para correlacionar el contenido de Hierro en la<br>cascarilla de arroz y el contenido de Hierro en el agua de riego.....     | 37 |
| <b>Tabla 13.</b> | Correlación entre el contenido de Aluminio en la cascarilla de arroz y el<br>contenido de Aluminio en el agua de riego.....                      | 38 |
| <b>Tabla 14.</b> | Prueba de hipótesis para correlacionar el contenido de Aluminio en la<br>cascarilla de arroz y el contenido de Aluminio en el agua de riego..... | 38 |
| <b>Tabla 15.</b> | Correlación entre el contenido de Cromo en la cascarilla de arroz y el<br>contenido de Cromo en el agua de riego. ....                           | 39 |
| <b>Tabla 16.</b> | Prueba de hipótesis para correlacionar el contenido de Cromo en la<br>cascarilla de arroz y el contenido de Cromo en el agua de riego.....       | 40 |
| <b>Tabla 17.</b> | Contenido de iones en el suelo .....   | 42 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Curva de Gauss .....  | 34 |
| <b>Figura 2.</b> Representación gráfica de la correlación del contenido de Hierro.....   | 37 |
| <b>Figura 3.</b> Representación gráfica de la correlación del contenido de Aluminio..... | 39 |
| <b>Figura 4.</b> Representación gráfica de la correlación del contenido de Cromo .....   | 40 |



## Resumen

En esta tesis se determinó las concentraciones de Cromo, Aluminio, Fierro en el cultivo de arroz en el distrito de Marona. El objetivo fue determinar el impacto que generan los metales pesados (Cr, Al, Fe) en el cultivo de arroz debido al uso de agua proveniente de la cuneta. En una parcela de terreno con tres pozas de prueba, se extrajo 1 L de agua para el análisis de laboratorio. El método utilizado para la determinación de Cromo, Aluminio, Fierro fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica. En el muestreo se seleccionaron las pozas más congestionadas con alta carga de contaminación de agua y de suelos, el cual está relacionado con la mayor afluencia peatonal y vehicular, a su vez las muestras se recolectaron en tres épocas. Se obtuvo una media de Cromo de 0,35 ppm, Aluminio una media de 4,66 ppm y Fierro 6,26 ppm. Se concluye que las concentraciones de Aluminio no superan los LMP, y según la OMS, FAO y Codex Alimentarius que es 5 ppm, pero en el caso de Cromo y Fierro los límites superan a los valores máximos permisibles en el arroz, que según OMS, FAO y Codex Alimentarius que es para el cromo 0,1 ppm y para fierro 5 ppm, también se concluye que las concentraciones de cromo, aluminio y fierro aumentan mientras mayor sea el tiempo de exposiciones al medio ambiente.

Palabras clave: *Oryza sativa*, Bioacumulación, Bioconcentración

## Abstract

In this thesis, the concentrations of Chromium, Aluminum, and Iron in the rice cultivation in the district of Marona were determined. The objective was to determine the impact generated by heavy metals (Cr, Al, Fe) in rice cultivation due to the use of water from the gutter. In a plot of land with three test ponds, 1 L of water was extracted for laboratory analysis. The method used for the determination of Chromium, Aluminum, and Iron was Atomic Absorption Spectrophotometry. In the sampling, the most congested pools with high water and soil contamination load were selected, which is related to the highest pedestrian and vehicular affluence, in turn the samples were collected in three periods. An average of Chromium of 0,5 ppm was obtained, Aluminum an average of 4,66 ppm and Iron 6,26 ppm. It is concluded that the concentrations of Aluminum do not exceed the LMP, and according to the WHO, FAO and Codex Alimentarius that is 5 ppm, but in the case of Chromo and Iron the limits exceed the maximum values allowed in rice, which according to WHO, FAO and Codex Alimentarius which is for chromium 0,1 ppm and for iron 5 ppm, it is also concluded that the concentrations of chromium, aluminum and iron increase the longer the time of exposures to the environment.

Keywords: *Oryza sativa*, Bioaccumulation, Bioconcentration



## Introducción

En las últimas décadas se han desarrollado estudios para evaluar los contaminantes que son vertidos en las diferentes fuentes hídricas, muchos de estos contaminantes no son detectados en la columna de agua y con el fin de conocer el destino de estos y su efecto sobre el medio ambiente, en la última década a nivel mundial se han desarrollado numerosos estudios tendientes a evaluar las concentraciones de contaminantes en sedimentos, dado que cualquier entrada de contaminantes, como los metales pesados a la columna de agua, queda registrada en éstos (**Baena, 2005**).

En los últimos años, la situación medioambiental de la contaminación de los metales pesados y el impacto que estos están ocasionando en los cultivos de arroz ha llamado la atención tanto de instituciones universitarias como de investigadores no sólo en un determinado sector, sino en todos los sectores del distrito, más que todo en las cunetas, puesto que es de estas de donde se van escurriendo y llegan a terminar en los cultivos de arroz. En este sentido, viendo la problemática que día a día se tiene por las consecuentes lluvias presentes en el lugar se vio la necesidad de realizar una evaluación de la contaminación por escorrentía, con el fin de analizar que tanto están influenciando el Cromo (Cr), Aluminio (Al) y el Fierro (Fe) en el crecimiento del cultivo de arroz y así determinar cuál es el impacto que estos metales están ocasionando en la zona.

La contaminación del agua de las escorrentías que son destinadas al cultivo agrícola principalmente el arroz es uno de los más serios problemas medioambientales que afronta la humanidad. Debido a la problemática observada en la región San Martín provincia de Moyobamba en las cunetas de la zona urbana del distrito de Marona, en la actualidad las lluvias que se generan se encuentran en contacto con los vehículos motorizados por lo tanto estos son arrastrados por medio de las escorrentías y se viene produciendo una contaminación en las aguas, los cuales están siendo escurridas hacia los cultivos de arroz.

Por lo tanto, esta investigación se desarrolló con la finalidad de generar información sobre la contaminación del agua que se está produciendo y así conocer a lo que está expuesta la población. Además debido a que no se conoce información documentada acerca del contenido de metales pesados en ninguno de los compartimentos ambientales que hacen parte de este importante ecosistema, en tal sentido viendo que puede existir una severa contaminación en el cultivo de arroz, este estudio proporcionará información a la

población, además de la evaluación de las concentraciones de estos contaminantes y el posible riesgo que representa para los cultivos que hace parte del mismo incluyendo el hombre y posteriormente ayudará a que se realicen otros estudios.

La presente tesis es una investigación que tuvo por objetivo general evaluar los impactos en cultivos de arroz que generan los metales pesados (Cr, Al, Fe) que se encuentran en el agua de escorrentías pluviales, y como objetivos específicos la determinación de la concentración de los metales pesados (Cr, Al, Fe) en las aguas de escorrentía y en cultivos de arroz, así como también la identificación de los impactos de los metales pesados (Cr, Al, Fe) en el cultivo de arroz y el suelo. Además de ello se tuvo como variable dependiente el impacto en el cultivo de arroz y como variable independiente a los metales pesados en el agua de escorrentías en las cunetas. Se sostuvo como hipótesis alterna que la evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas, genera impacto negativo en los cultivos de arroz y como hipótesis nula la evaluación de metales pesados en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas, no genera impacto negativo en los cultivos de arroz. Dentro de los resultados obtenidos se encontraron la presencia de Cr, Al, Fe los cuales tienen una correlación baja entre las comparaciones del agua de riego y la cascarilla de arroz y dentro de las conclusiones se sostuvo que no existe correlación entre las variables y los resultados obtenidos superan los LMP y podrían generar impactos negativos en los cultivos de arroz por encontrarse bioacumulado en diferentes concentraciones.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos: En el **capítulo I** se presenta la revisión bibliografía en el cual se muestran una serie de extractos de diferentes autores que muestran el estado actual sobre como los metales pesados (Cr, Al, Fe) van impactando en los cultivos de arroz. En el **capítulo II** se muestran los materiales que se utilizaron para llevar a cabo los análisis y los métodos que se utilizaron para obtener los datos para la evaluación de los metales pesados utilizando unas fichas para medir el impacto que están ocasionando los metales pesados. En el **capítulo III** se ofrece la interpretación de resultados utilizando t – Student y el coeficiente de correlación de Pearson, además de la discusión sobre los resultados, las conclusiones y recomendaciones de esta tesis.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### 1.1.1 Internacional

**Meza (2015)**, en su revista de ciencias intitulado *“Bioacumulación de metales pesados en arroz cultivado bajo condiciones de contaminación en la subcuenca Mampostón”*, concluye que las concentraciones de metales pesados en las plantas no solo dependen de las concentraciones pseudototales en los suelos sino también de su disponibilidad y de la capacidad genética de las mismas de solubilizar los metales pesados. Las condiciones de alcalinidad de la subcuenca Mampostón son capaces de regular la disponibilidad de metales pesados y hacer que el arroz popular pueda cultivarse de forma segura, aunque debe seguirse con atención la evolución del pH en la misma, pues un descenso del mismo cambiaría la disponibilidad y por tanto las concentraciones asequibles para la planta.

**Suárez (2014)**, en su artículo intitulado *“La contaminación de las escorrentías de autopistas como presión significativa sobre las masas de agua”*, concluye que la realización del estudio que se presenta, refuerza la necesidad de considerar los impactos que las escorrentías de las vías de alta capacidad generan sobre los medios acuáticos naturales, que si bien ya eran considerados en los documentos de implantación de la DMA, en la práctica no han sido tenidas en cuenta en la elaboración de la planificación ni en los programas de medidas.

**Zafra (2007)**, en su revista intitulado *“Evaluación de la contaminación por escorrentía urbana: sedimentos depositados sobre la superficie de una vía”*, concluye que; los datos obtenidos señalan que la carga total ( $\text{g.m}^{-2}$ ) aumenta al hacerlo el número de días de tiempo seco. Los análisis de regresión indican que la relación lineal es la más adecuada. Sin embargo, Sartor y Boyd (1972), Saheen (1975) y Ball et ál. (1988) manifiestan que la carga total acumulada en tiempo seco tiende a un valor máximo de equilibrio. La disponibilidad al aspirado de la carga más fuertemente adherida a la superficie, la “carga fija”, aumenta con el número de días de tiempo seco. Los análisis de regresión denotan que la relación lineal es la más adecuada para explicar dicha tendencia. La humedad media del sedimento



recolectado durante los períodos de tiempo seco es de 2,9% y 0,6% para la carga fija y la carga libre, respectivamente. La humedad del sedimento disminuye con el aumento del número de días de tiempo seco e influye en la disponibilidad de la carga fija para ser aspirada. La distribución de la carga total de sedimento a través de la vía no es uniforme y se encuentra influenciada por la existencia de barreras naturales o artificiales. Igualmente, Deletic y Orr (2005) encontraron que la carga de sedimento acumulado a través de la calzada no es uniforme y depende de la distancia entre el sitio de muestreo y el bordillo de la vía.

### **1.1.2 Nacional**

**Huaranga (2012)**, en su revista intitulado “Concentración de metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980-2010, La Libertad – Perú”, concluye que la mayor contaminación por metales pesados del agua se presentó en la cuenca alta y el **Fe** fue el metal de mayor concentración durante el año de 1980. Los suelos de la margen derecha de la cuenca media presentaron los mayores niveles de contaminación por metales pesados.

### **1.1.3 Local**

**More y Guerra (2014)**, en su tesis intitulado “Evaluación del uso y aprovechamiento potencial del agua para el abastecimiento poblacional en la microcuenca de la quebrada Juninguillo, Moyobamba 2013”, concluyen que existe la disponibilidad hídrica de 441.17 L/s, para abastecer a una población de 114 496 habitantes en el año 2033, en cuanto a la calidad del agua, el pH, el sulfato, y el nitrito no superan los Estándares de Calidad Ambiental de acuerdo al Decreto Supremo N° 002 – 2008 - MINAM,; el Hierro con una concentración máxima de 3 mg/L, el Nitrato con una concentración máxima de 25 mg/L y Manganeseo con una concentración máxima de 0.5 mg/L; estas concentraciones superan los Estándares de Calidad Ambiental; por otra parte el análisis bacteriológico de coliformes fecales y coliformes totales superan los ECAs en todos los puntos muestreados; por lo tanto, el agua para ser utilizada para consumo análisis se encontró una concentración o humano es necesario un tratamiento avanzado, en el caso de los parámetros que sobrepasan los ECAs.

## 1.2.Marco Teórico

### 1.2.1. Metales pesados

Los metales son, probablemente, los agentes tóxicos más antiguos conocidos por el hombre. Existen referencias de intoxicaciones con estos agentes que datan desde antes de la era cristiana en la antigua Grecia y Egipto. Alrededor de 80 de los elementos de la tabla periódica son considerados como metales, pero solo 30 han sido identificados como posibles tóxicos para el hombre (**Mapfre Medicina, 1996**).

Los metales pesados o tóxicos se caracterizan por tener una densidad mayor a  $5 \text{ g cm}^{-3}$  (**UCLM, 2008**).

Los metales pesados no son biodegradables, se acumulan en el ambiente y son altamente tóxicos, incluso a bajas concentraciones, por lo que son considerados un gran peligro para la estabilidad del medio ambiente (**Das et al., 2008**).

La expresión metales pesados se usa para aludir de un modo no muy preciso a ciertos elementos metálicos, y también a algunos de sus compuestos, a los que se atribuyen determinados efectos de contaminación ambiental, toxicidad y ecotoxicidad. Es importante destacar que hasta el presente (diciembre 2010), no se dispone de una definición oficial generalmente aceptada, ni de un listado de esos elementos, ni de una referencia clara y exacta de las propiedades o caracteres de los metales pesados que provenga de alguna sociedad científica u organismo referente de alto nivel, como podría ser la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) o la US EPA, (Agencia de Protección Ambiental de los EUA), por ejemplo. Sin embargo, se considera metales pesados a los elementos metálicos que tiene una densidad igual o superior a  $6 \text{ g/cm}^3$  cuando está en forma elemental, su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor al 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos, arsénico (As), boro (B), bario (Ba) y selenio (Se) que se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados. A estos elementos también suelen llamárseles metales traza, bajo esta denominación se agrupan todos los elementos presentes en una muestra a concentraciones no detectables mediante técnicas de análisis clásicas, de forma que se consideran elementos trazas a los elementos detectables en un rango de concentración de 100 a 0,01 mg/kg y se reserva el término ultratrazas a niveles

comprendidos entre 0,01 mg/kg y 10 µg/kg (**Galán y Romero, 2008; Manahan, 2006**).

Dentro de los metales pesados se distinguen dos grupos:

- Los Micronutrientes: necesarios para el desarrollo de la vida de determinados organismos, son requeridos en pequeñas cantidades o cantidades traza y pasado cierto umbral se vuelven tóxicos. Dentro de este grupo se encuentran As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn.
- Metales pesados no esenciales: metales cuya presencia en determinadas cantidades en los seres vivos, provocan disfunciones en sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son principalmente: Be, Cd, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn y Ti (**Galán y Romero, 2008**).

Los metales pesados han sido objeto de atención por sus características contaminantes peculiares (**Manahan, 2006**).

Poseen carácter acumulativo, su concentración no disminuye con el tiempo; son necesarios y beneficiosos para las plantas y otros organismos a determinados niveles, pero también son tóxicos cuando exceden unos niveles de concentración; Están siempre presentes en los suelos a unos niveles de concentración denominados niveles de fondo o “Background”, cuyo origen no es externo, sino que proviene del material parental originario de las rocas y su transformación; Con frecuencia se encuentran como cationes que interactúan fuertemente con la matriz del suelo, lo que en ocasiones se traduce en que incluso a altas concentraciones pueden encontrarse en forma química no dañina o inerte. Sin embargo, estos metales pueden movilizarse y cambiar de forma química debido a cambios en las condiciones medioambientales. Por esta razón se les ha catalogado como bomba de relojería química (**Morales, 2001**).

La elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación en los organismos vivos, los convierte en contaminantes prioritarios cuyos efectos tóxicos no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque si puede haber una incidencia muy importante a mediano y largo plazo (**García y Romero 2008**).

Por las características generales expuestas, es necesario identificar el origen de los metales pesados en los sedimentos bentónicos de los cuerpos hídricos, que en esencia tiene dos fuentes principales, las fuentes naturales y las fuentes antropogénicas (**Manahan, 2006**).

Como principal fuente natural aportante, se tiene la meteorización de rocas y suelos directamente expuestos a la acción del agua. Por su parte, actividades antropogénicas como la agricultura, la industria y los residuos urbanos tienen gran importancia en el aporte de metales pesados en el fondo de los cursos de aguas naturales. Por otra parte, estos elementos pueden resolubilizarse por distintos fenómenos y así ser directamente incorporados por el hombre, o bien llegan indirectamente hasta él a través de la cadena trófica (**Marzal, 2001**).

También influye sobre la toxicidad del metal el tiempo de residencia en el sistema (dato de muy difícil determinación), que puede llegar a ser de muchos años si las condiciones y la estabilidad del medio acuático así lo permite (**Usero et al., 1997**).

Los metales pesados tienen tres vías principales de entrada a los sistemas acuáticos, los cuales son:

La vía atmosférica, se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o antropogénicos, principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales (**Molina, 2004**).

La vía terrestre, es producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, etc.) y otras causas naturales (**Zafra, 2007**).

La vía directa, es a consecuencia de los vertidos directos de aguas residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales (**Finck, 1988**).

### 1.2.2. Cromo

El cromo (Cr) es un metal de transición localizado en el grupo VI – B de la tabla periódica, cuyas especies más estables y abundantes son: la trivalente, Cr III estado de oxidación más estable y el hexavalente Cr VI, agente de oxidación fuerte (**Soto, 2006**).

El Cr es de amplia importancia, ya que es utilizado en distintas actividades industriales y aunque puede existir en diferentes estados de oxidación, en el ambiente solo se encuentran en forma estable los estados  $+3$  y  $+6$  (Núñez, 2007).

El Cr VI se encuentra comúnmente en forma de oxianiones hidrosolubles, cromatos ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) y dicromatos ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), mientras que el Cr III en forma de óxidos, hidróxidos o sulfatos que son menos móviles y existe unido a materia orgánica en el suelo y en ambientes acuáticos. El Cr VI es un fuerte agente oxidante y en presencia de materia orgánica, es reducido a Cr III; esta transformación es más rápida en ambientes ácidos. Sin embargo, niveles elevados de Cr VI pueden sobrepasar la capacidad reductora del ambiente y puede así persistir como un contaminante. Diversos compuestos de cromo son contaminantes ambientales presentes en agua, suelos y efluentes de industrias, debido a que dicho metal es ampliamente utilizado en distintas actividades manufactureras, tales como cromado electrolítico, fabricación de explosivos, curtido de pieles, aleación de metales, fabricación de colorantes y pigmentos, entre otros (Gutiérrez y Cervantes, 2008).

#### 1.2.2.1 El Cromo (Cr) en el medio ambiente

En la naturaleza el cromo se encuentra principalmente en el mineral cromita ( $\text{FeO-Cr}_2\text{O}_3$ ), el cual contiene 32% de óxido de hierro y 68% de óxido de cromo (Misra, 1992).

También es posible encontrarlo en forma de cromatos ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) y dicromatos ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ). Sin embargo, los compuestos que contienen cromo hexavalente son raros en la naturaleza ya que fácilmente se reducen a cromo trivalente (Mapfre Medicina, 1996).

Como resultado de las actividades, el cromo se puede incorporar al aire, al agua y al suelo, principalmente como cromo (III) y cromo (VI). En el aire, las partículas que contienen cromo (VI) pueden reaccionar con algunos elementos para formar cromo (III). Eventualmente, estas partículas se depositan sobre el suelo y el agua. La lluvia y la nieve ayudan a remover el cromo del aire. El cromo presente en el suelo puede llegar a contaminar las aguas freáticas si es arrastrado por el agua de lluvia, agua irrigada o por nieve derretida (ATSDR, 2006).



### 1.2.2.2 Efectos del cromo sobre la salud del ser humano

El cromo puede ingresar a los organismos vivos al inhalar el aire, ingerir alimentos o beber agua contaminada con metal. Los efectos del cromo sobre la salud del ser humano dependen del estado de oxidación del metal y del tiempo de exposición (**Mapfre Medicina, 1996**).

El cromo trivalente es un nutriente necesario en la dieta de los mamíferos, entre los que se encuentra el ser humano. Es requerido para el metabolismo normal de los lípidos, carbohidratos y proteínas (**ATSDR, 2006**).

Sin embargo, la exposición prolongada a altas concentraciones de cromo (III) puede ocasionar reacciones alérgicas en la piel, cáncer y daño al ADN (**Sarkar, 2002**).

Normalmente los efectos nocivos del cromo sobre la salud se deben a la forma hexavalente del metal, la cual es 100 veces más tóxica y 1000 veces más mutagénica que la forma trivalente (**EPA, 2006**).

La inhalación de grandes cantidades de cromo (VI) durante periodos prolongados puede ocasionar irritación del tracto respiratorio, obstrucción de las vías respiratorias, ulceración de la mucosa nasal, hemorragias nasales y cáncer de pulmón (**Sarkar, 2002**).

La inhalación de pequeñas cantidades de cromo (VI) durante periodos cortos comúnmente no causa problemas (**ATSDR, 2006; Misra, 1992**).

La tasa de absorción por la vía digestiva depende de la edad del individuo y de la forma química del cromo. Los compuestos de cromo (VI) se absorben en un 2% mientras que los que contienen cromo (III) en un 0,7% (**Mapfre Medicina, 1996**).

Generalmente la ingestión de pequeñas cantidades de cromo hexavalente no ocasiona problemas ya que el jugo gástrico lo reduce a la forma trivalente (**Pellerin y Booker, 2000**);

Sin embargo, ingerir de 1 a 5gr de cromato puede causar daños intestinales, úlceras, convulsiones, daños al hígado, a los riñones y hasta la muerte (**CTRC, 2001**).

Al contacto con la piel, el cromo (VI) puede provocar desde una ligera irritación hasta úlceras muy dolorosas (**Mapfre Medicina, 1996**).

Los riñones y el tracto intestinal son las dos vías por las cuales se excreta la mayor cantidad de cromo ingerido. La fracción no absorbida de cromo (VI) se elimina en forma trivalente. Por la vía urinaria, el 60% al 65% de la dosis ingerida se elimina en las primeras 8-24 horas. El cromo también se elimina por el cabello. La vida media de los compuestos de cromo hexavalente en el cuerpo humano es de 2 días, y de 92 días para los compuestos de cromo trivalente (**Mapfre Medicina, 1996**).

### 1.2.3. Aluminio

Elemento químico metálico, de símbolo Al, número atómico 13, peso atómico 26.9815, que pertenece al grupo IIIA del sistema periódico. El aluminio puro es blando y tiene poca resistencia mecánica, pero puede formar aleaciones con otros elementos para aumentar su resistencia y adquirir varias propiedades útiles. Las aleaciones de aluminio son ligeras, fuertes, y de fácil formación para muchos procesos de metalistería; son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados. Por sus propiedades físicas, químicas y metalúrgicas, el aluminio se ha convertido en el metal no ferroso de mayor uso (**Mapfre Medicina, 1996**).

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la tierra y en la luna, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato. Cuando estos minerales se disuelven, según las condiciones químicas, es posible precipitar el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos. En esas condiciones se forman las bauxitas que sirven de materia prima fundamental en la producción de aluminio (**Sarkar, 2002**).

El aluminio es un metal plateado con una densidad de 2.70 g/cm<sup>3</sup> a 20°C (1.56 oz/in<sup>3</sup> a 68°F). El que existe en la naturaleza consta de un solo isótopo, <sup>27</sup><sub>13</sub>Al. El aluminio cristaliza en una estructura cúbica centrada en las caras, con lados de longitud de 4.0495 angstroms. (0.40495 nanómetros). El aluminio se conoce por su

alta conductividad eléctrica y térmica, lo mismo que por su gran reflectividad (Misra, 1992).

El aluminio es estable al aire y resistente a la corrosión por el agua de mar, a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos. Esto se debe a la protección del metal por una capa impenetrable de óxido. A una pureza superior al 99.95%, resiste el ataque de la mayor parte de los ácidos, pero se disuelve en agua regia. Su capa de óxido se disuelve en soluciones alcalinas y la corrosión es rápida (Sarkar, 2002).

#### **1.2.3.1 Efectos del Aluminio sobre la salud**

El Aluminio es uno de los metales más ampliamente usados y también uno de los más frecuentemente encontrados en los compuestos de la corteza terrestre. Debido a este hecho, el aluminio es comúnmente conocido como un compuesto inocente. Pero todavía, cuando uno es expuesto a altas concentraciones, este puede causar problemas de salud. La forma soluble en agua del Aluminio causa efectos perjudiciales, estas partículas son llamadas iones. Son usualmente encontradas en soluciones de Aluminio combinadas con otros iones, por ejemplo, cloruro de Aluminio (Misra, 1992).

La toma de Aluminio puede tener lugar a través de la comida, respirarlo y por contacto en la piel. La toma de concentraciones significantes de Aluminio puede causar un efecto serio en la salud como: daño al sistema nervioso central, demencia, pérdida de la memoria, apatía, temblores severos.

El Aluminio es un riesgo para ciertos ambientes de trabajo, como son las minas, donde se puede encontrar en el agua. La gente que trabaja en fábricas donde el Aluminio es aplicado durante el proceso de producción puede aumentar los problemas de pulmón cuando ellos respiran el polvo de Aluminio. El Aluminio puede causar problemas en los riñones de los pacientes, cuando entra en el cuerpo durante el proceso de diálisis (Sarkar, 2002).

#### **1.2.3.2 Efectos ambientales del Aluminio**

Los efectos del Aluminio han atraído nuestra atención, mayormente debido a los problemas de acidificación. El Aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas. Las concentraciones de

Aluminio parecen ser muy altas en lagos acidificados. En estos lagos un número de peces y anfibios están disminuyendo debido a las reacciones de los iones de Aluminio con las proteínas de las agallas de los peces y los embriones de las ranas (**Misra, 1992**).

Elevadas concentraciones de Aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, pero también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos y sobre animales que respiran el Aluminio a través del aire (**Sarkar, 2002**).

Las consecuencias para los pájaros que consumen peces contaminados es que la cáscara de los huevos es más fina y los pollitos nacen con bajo peso. Las consecuencias para los animales que respiran el Aluminio a través del aire son problemas de pulmones, pérdida de peso y declinación de la actividad. Otro efecto negativo en el ambiente del Aluminio es que estos iones pueden reaccionar con los fosfatos, los cuales causan que el fosfato no esté disponible para los organismos acuáticos (**Misra, 1992**).

Altas concentraciones de Aluminio no sólo pueden ser encontrados en lagos ácidos y aire, también en aguas subterráneas y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el Aluminio puede dañar las raíces de los árboles cuando estas están localizadas en las aguas subterráneas (**Mapfre Medicina, 1996**).

#### 1.2.4. Hierro

Elemento químico, símbolo Fe, número atómico 26 y peso atómico 55.847. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%). Es un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético. Los cuatro isótopos estables, que se encuentran en la naturaleza, tienen las masas 54, 56, 57 y 58. Los dos minerales principales son la hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , y la limonita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Las piritas,  $\text{FeS}_2$ , y la cromita,  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ , se explotan como minerales de azufre y de cromo, respectivamente. El hierro se encuentra en muchos otros minerales y está presente en las aguas freáticas y en la hemoglobina roja de la sangre. La presencia del hierro en el agua provoca precipitación y coloración no deseada. Existen técnicas de separación del hierro del agua (**Misra, 1992**).

El uso más extenso del hierro (fierro) es para la obtención de aceros estructurales; también se producen grandes cantidades de hierro fundido y de hierro forjado. Entre otros usos del hierro y de sus compuestos se tienen la fabricación de imanes, tintes (tintas, papel para heliográficas, pigmentos pulidores) y abrasivos (colcótar) (Mapfre Medicina, 1996).

Este metal es un buen agente reductor y, dependiendo de las condiciones, puede oxidarse hasta el estado 2+ o 3+ o 6+. En la mayor parte de los compuestos de hierro está presente el ion ferroso, hierro (II), o el ion férrico, hierro (III), como una unidad distinta. Por lo común, los compuestos ferrosos son de color amarillo claro hasta café verdoso oscuro; el ion hidratado  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ , que se encuentra en muchos compuestos y en solución, es verde claro. Este ion presenta poca tendencia a formar complejos de coordinación, excepto con reactivos fuertes, como el ion cianuro, las poliaminas y las porfirinas. El ion férrico, por razón de su alta carga (3+) y su tamaño pequeño, tiene una fuerte tendencia a capturar aniones. El ion hidratado  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ , que se encuentra en solución, se combina con  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{N}_3^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  y otros aniones para formar complejos de coordinación. Un aspecto interesante de la química del hierro es el arreglo de los compuestos con enlaces al carbono. La cementita,  $\text{Fe}_3\text{C}$ , es un componente del acero. Los complejos con cianuro, tanto del ion ferroso como del férrico, son muy estables y no son intensamente magnéticos, en contraposición a la mayor parte de los complejos de coordinación del hierro. Los complejos con cianuro forman sales coloradas (Sarkar, 2002).

#### 1.2.4.1 Efectos del Hierro sobre la salud

El Hierro puede ser encontrado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. El cuerpo humano absorbe Hierro de animales más rápido que el Hierro de las plantas. El Hierro es una parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos (Sarkar, 2002).

Puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis, y retinitis si contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada sideriosis, que es observable como un cambio en los rayos X.



Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis. La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares. LD50 (oral, rata) =30 gm/kg. (LD50: Dosis Letal 50. Dosis individual de una sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación. Normalmente expresada como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal) (Misra, 1992).

#### **1.2.4.2 Efectos ambientales del Hierro**

El hierro (III)-O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste (Mapfre Medicina, 1996).

#### **1.2.5. Contaminación del agua**

La potabilización del Agua de Mar, en Washington D. C. en 1965, se calcula que existe en la Tierra unos 1300 millones de kilómetros cúbicos (km<sup>3</sup>) de agua, de los cuales el 97,2% se encuentra en los océanos y el 2,8% es de agua dulce. El 82,2% del agua dulce está en los casquetes polares y en las altas cordilleras, 0,6% de agua disponible en los ríos, lagos, arroyos y manantiales y el 17,0% se encuentra en depósitos subterráneos y el resto se encuentra en la atmosfera. Se entiende por contaminación la presencia en el medio de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, salud y el bienestar humano, flora y fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos del planeta o de particulares.

La contaminación del agua se genera por la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos mensurables en la flora, la fauna (incluido el humano) o en materiales de utilidad u ornamentales (Adame, 2000)

Por consiguiente, el problema de la contaminación es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con secuelas difíciles de prever, pero las principales consecuencias biológicas de las contaminaciones derivan de sus efectos ecológicos. En general, se habla de cuatro tipos básicos para la contaminación de las aguas: contaminaciones físicas -térmica y radioisótopos-, químicas – hidrocarburos,

detergentes, plásticos, pesticidas, metales pesados, derivados del azufre y del nitrógeno-, biológicas –bacterias, hongos, virus, parásitos mayores- y por residuos sólidos –materiales de lenta degradación- (**Vargas, 2004**).

#### **1.2.6. Contaminantes en las aguas de escorrentía urbana**

Al comienzo de la precipitación se da el proceso de primer lavado. En él una fracción significativa de los contaminantes acumulados en tiempo seco (período entre lluvias), es arrastrada por un pequeño volumen inicial de agua de escorrentía superficial. Por tanto, ese pequeño caudal inicial contiene la mayor parte de las partículas que se habían acumulado sobre las superficies impermeables de las áreas urbanizadas (polvo, arenas, metales pesados, sustancias tóxicas). Lo que hace que el primer lavado contenga elevadas concentraciones de contaminantes. Las deposiciones atmosféricas y el consecuente lavado de sustancias son la principal fuente de contaminación de las aguas de escorrentía urbana, pero no la única. Los orígenes de los contaminantes son de diversa naturaleza. Sustancias peligrosas o nocivas (plomo, dióxido de azufre, hidrocarburos u óxidos de nitrógeno) se añaden a estas aguas procedentes del tráfico. Materia orgánica, bacterias y patógenos se incorporan a partir de basuras depositadas en las calles. Hojas, ramas y tierras son arrastradas de parques y jardines por la lluvia (**Adame, 2000**)

#### **1.2.7. Contaminantes más frecuentes en las aguas de escorrentía urbana**

##### **1.2.7.1 Sólidos en suspensión**

Son partículas sólidas de naturaleza heterogénea que llevan asociados una gran cantidad de diferentes contaminantes (una fracción es materia orgánica, otro nitrógeno, otro fósforo). Se detectan a simple vista, ya que dan turbidez a las aguas. Son los elementos que aparecen con mayor frecuencia.

Actúan como centros activos, favoreciendo la adsorción en su superficie de sustancias y microorganismos. Las principales fuentes de estos contaminantes son: aguas domésticas e industriales, materiales sólidos erosionables de la cuenca urbana, deposiciones atmosféricas en tiempo seco.

Los efectos de una elevada concentración de sólidos en suspensión dentro de las aguas de escorrentía sobre el medio receptor son: un incremento de la turbidez reduciendo el paso de la luz y alterando el desarrollo de la vegetación (algas), la

acumulación de fangos en zonas de fondo, lo que altera la morfología de los cauces, afectaciones a la fauna y alteraciones estéticas del medio. (Vargas, 2004).

#### **1.2.7.2 Materia orgánica**

Se compone de proteínas, carbohidratos, aceites y grasas, que son elementos naturales, pero también por componentes sintéticos como detergentes, pesticidas y disolventes orgánicos). Su aparición en el agua provoca serios problemas al hacer desaparecer el oxígeno en el medio receptor, lo que provoca la muerte de la fauna. Además, da color, sabor y olor al agua, cuando no debiera tenerlos y provoca la aparición de trihalometanos, sustancias con una elevada toxicidad. Para medir su cantidad en las aguas se usa la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) o DQO (demanda química de oxígeno). (Vargas, 2004).

#### **1.2.7.3 Elementos patógenos**

Microorganismos y virus procedentes de los desechos de aves y animales domésticos que se acumulan en zonas impermeables. Los patógenos provocan la insalubridad de las aguas que los contienen y aumentan la probabilidad de transmisión de enfermedades. (Vargas, 2004).

#### **1.2.7.4 Nutrientes**

Se consideran nutrientes al fósforo, al nitrógeno y a sus compuestos derivados. Su problemática se debe a que producen problemas de eutrofización (aumento de la turbidez, proliferación de algas, grandes variaciones de oxígeno disuelto entre el día y la noche, aparición de compuestos tóxicos). (Vargas, 2004).

#### **1.2.7.5 Metales pesados**

Su principal característica es su elevada toxicidad sobre microorganismos, plantas y animales, incluido el ser humano. Las concentraciones presentes de este tipo de metales en las aguas de escorrentía son muy variables, dependen de los usos del suelo en la cuenca urbana, de la densidad del tráfico y de las emisiones de industrias cercanas. Los metales pesados considerados más problemáticos en las aguas de escorrentía son: As, Hg, Bo, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr y Zn, y problemáticos el Al, Si, Cu, que además son altamente tóxicos. Igualmente puede haber presentes otros metales como el Fe y Mn, no tan tóxicos, pero con efectos también indeseables. (Vargas, 2004).

### 1.2.8. Principales contaminantes del agua

El agua recibe diversos agentes contaminantes, en función de múltiples fuentes generadoras, tanto de actividades antrópicas como naturales que se pueden presentar en la cuenca. En la siguiente tabla 1 se enumeran algunos de los principales contaminantes, su principal origen y efectos (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2000), así mismo, se describen algunos de los principales procesos de contaminación y sus efectos.

**Tabla 1**

*Químicos inorgánicos contaminantes del agua*

| Contaminante | MNMC1<br>(mg/l) <sup>4</sup> | NMC1 o TT<br>(mg/l) <sup>4</sup>           | Posibles efectos sobre la salud por<br>exposición que supere el NMC   |
|--------------|------------------------------|--|---|
| Aluminio     | Ninguno                      | 0,05                                       | Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer, dermatitis.   |
| Cadmio       | 0,005                        | 0,005                                      | Lesiones renales  |
| Cromo        | 0,1                          | Nivel de<br>acción=0,1<br>TT <sup>6</sup>  | Dermatitis alérgica   |
| Cobre        | 1,3                          | Nivel de<br>acción=1,3;<br>TT <sup>6</sup> | Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales.<br>Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales. Aquellos con enfermedad de Wilson deben consultar a su médico si la cantidad de cobre en el agua superara el nivel de acción.<br>Lesiones en sistema nervioso o problemas de tiroides. |
| Cianuro      | 0,2                          | 0,3  | Lesiones en sistema nervioso o problemas de tiroides  |
| Flúor        | 4,0                          | 4,9  | Enfermedades óseas (dolor y fragilidad ósea). Los niños podrían sufrir de dientes manchados.  |
| Hierro       | 5                            | Nivel de<br>acción=5; TT <sup>6</sup>      | Los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje.  |
| Mercurio     | 0,002                        | 0,002                                      | Adultos: trastornos renales; hipertensión.<br>Lesiones renales  |
| Selenio      | 0,05                         | 0,05                                       | Caída del cabello o de las uñas, adormecimiento de dedos de manos y pies; problemas circulatorios.  |

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2000. Consultar anexo 10.1

El Hierro y el Cromo se regulan mediante una Técnica de Tratamiento que exige la implementación de sistemas que control en el poder corrosivo del agua. El nivel de acción sirve como un aviso para que los sistemas de agua públicos tomen medidas adicionales de tratamiento si los niveles de las muestras de agua superan en más del 10% los valores permitidos.

Para el cromo, el nivel de acción es 0,1 mg/L y para el hierro es 5 mg/L. Todos y cada uno de los sistemas de agua deben declarar al estado, por escrito que, si se usa acrilamida y/o epíclorhidrina para tratar agua, la combinación (o producto) de dosis y cantidad de monómero no supera los niveles especificados, a saber: acrilamida = 0,05% dosificada a razón de 1mg/L (o su equivalente); epíclorhidrina=0,01% dosificada a razón de 20 mg/L (o su equivalente) (**Vega y Reynaga, 1990**).

### **1.2.9. Contaminación del suelo**

La contaminación del suelo genera una serie de impactos en el hombre y en los ecosistemas. Dependiendo de los tipos de contaminantes y de sus orígenes tendrá unas consecuencias a corto o a largo plazo, ver tabla 2. La contaminación del suelo en función de su origen puede ser:

Natural: erupción volcánica, incendios naturales, deposiciones, productos de reacciones químicas.

Antropogénicas: derivadas de actuaciones del hombre en cualquiera de sus actividades (agrícola, industrial, urbana). Hay contaminantes inorgánicos u orgánicos y su toxicidad puede ser primaria (procede de la fuente original) o secundaria (si es producto de alguna transformación en el interior del suelo).

La presencia en suelos de potenciales contaminantes como algunos iones metálicos, no es necesariamente perjudicial ya que son micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. En estos casos habrá que analizar el límite de concentración a partir del cual es peligroso para la salud. Los metales pesados suelen llegar procedentes de actividades industriales, por pesticidas o tráfico rodado. Los más vertidos son Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, M; y su grado de contaminación dependerá del estado en el que estén y las condiciones del medio.

El pH del suelo controla el comportamiento de los metales:

Los cationes son más móviles cuando el pH de la solución del medio es ácido pudiendo pasar a las cadenas tróficas, bien como tóxicos o en cantidades que producen deficiencia.

A pH básicos producen el efecto inverso, quedándose inmovilizados en el medio. El cambio iónico es otro factor determinante en la dinámica de los metales, en el intervienen factores como la naturaleza del cambiador y la del ion, la concentración etc. También hay contaminación por compuestos orgánicos de origen antropogénico que presentan alta variabilidad y compleja composición haciendo que adquieran relevancia en la conservación del medio natural. Vertidos de hidrocarburos, derivados del petróleo y el uso de fitosanitarios para la lucha contra plagas favorecen la llegada al suelo de compuestos orgánicos muy diversos. Los fertilizantes son otro de los de los elementos contaminantes y el problema deriva de su aplicación abusiva para aumentar el rendimiento de las cosechas. En su composición presentan nitrógeno, fosforo, potasio (NPK) y diferentes compuestos orgánicos. La solubilidad de los nitratos posibilita la lixiviación del anión, haciendo que llegue una elevada concentración de nitrógeno a las capas freáticas o a las aguas superficiales provocando la eutrofización del medio (**Ryan; Loehr, Rucker, 1991**).

**Tabla 2**

*Clasificación de contaminantes en función de sus características.*

| <i>Tipo de compuesto</i>                                | <i>Procedencia</i>                                     | <i>Capacidad de dispersión</i> | <i>Efectos tóxicos</i>                  |
|---|--|--------------------------------|---|
| Metales pesados, cianuros, ácidos, hidrocarburos.       | Industrias, manufacturas, granjas, fumigación, minería | Generalmente baja o moderada   | Enfermedad del sistema nervioso, cáncer |
| Hidrocarburos, ácidos, álcalis                          | Estaciones de servicio refinерías                      | De baja a moderada             | Cáncer                                  |
| Sales, residuos plásticos, álcalis, residuos biológicos | Vertederos urbanos                                     | De moderada a alta             | Daños del sistema nervioso. Cáncer      |
| Hidrocarburos, plásticos, metales, cianuros, aminas     | Industrias automovilísticas                            | De moderada a alta             | Daños en el sistema nervioso, cáncer    |
| Hidrocarburos aromáticos, fenoles                       | Industria metalúrgica                                  | De baja a moderada             | Cáncer                                  |
| Hidrocarburos simples, aromáticos, semiconductores      | Transformadores eléctricos                             | Baja a moderada                | Cáncer                                  |
| Dioxinas, metales pesados                               | Combustión de gasolinas                                | Baja                           | Formación de tumores                    |

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2000. Consultar anexo 10.1.

### 1.2.9.1. Tipos de contaminación

#### a. Contaminantes de origen agrario.

Actualmente hay una disminución de la superficie del suelo cultivable a causa del crecimiento demográfico siendo necesario intensificar los cultivos a base de abonos químicos y pesticidas llegando a contaminar los suelos. Los efectos que producen estos contaminantes orgánicos en el suelo influyen en la degradación del medio.

Por lo que para poder definir se tiene tipos de contaminantes de origen agrario

**Fertilizantes:** Se añaden al suelo para aumentar el rendimiento de los cultivos. En cada recolección se extraen elementos nutritivos (N, P, K, S, Ca, Mg) que hay que devolver al suelo en forma de nitratos, fosfatos, sales en cantidades equivalentes a las extraídas.

**Nitratos y fosfatos:** Su aporte excesivo produce eutrofización de ríos y lagos. Los nitratos contaminan alimentos a través de suelos, durante su conservación, acondicionamiento, etc. Los nitratos pueden ser transformados en nitritos, siendo estos los responsables de la metahemoglobina.

**Pesticidas:** Son distribuidos de manera voluntaria sobre el medio natural. Se usan para proteger a animales de ciertos parásitos o para destruir plagas de cultivos, pero los pesticidas afectan al conjunto del ecosistema. Tanto herbicidas como plaguicidas son contaminantes de los suelos por si mismos o como resultado de transformaciones químicas o biológicas. Dependiendo de la concentración, tiempo de exposición y tipo de contaminante, los efectos varían apareciendo con el tiempo por tener biotransformaciones lentas y provocar efectos acumulativos en los organismos.

#### b. Contaminantes de origen industrial

La concentración de metales pesados en los suelos debería tener un origen únicamente en función de la composición litológica y de los procesos edafogenéticos que dan lugar al suelo, determinando así la cantidad de metales de manera natural. Sin embargo, con la actividad humana se ha incrementado el contenido de estos metales en el suelo, siendo esta la causa de las concentraciones tóxicas detectadas. En el suelo la concentración de metales varía considerablemente, pudiendo encontrarse como iones libres, adsorbidos, formando complejos organominerales o precipitados.

Las actividades que incrementan las cantidades de estos metales pesados son:

Actividades de minería y fundición: El proceso de minería implica una serie de operaciones que pueden producir contaminación, como el polvo originado en estas actividades o en capas superiores de suelos minerales donde hay altas concentraciones de Cu, Ni, Se, Fe.

Generación de electricidad: La combustión de carbón genera deposición de metales en suelos y la de petróleo puede ser fuente de plomo, níquel y vanadio.

Las fábricas de hierro y acero emiten metales como el níquel, las de baterías emiten cantidades considerables de plomo. Los metales asociados con áreas altamente industrializadas, incluyen Cd, Cr, Fe, Pb, Zn y Hg.

Residuos domésticos. El 10% de la basura está compuesta de metales. Para deshacerse del volumen de basuras hay varias alternativas: Basureros donde la fermentación anaerobia produce compuestos sulfurosos y amoniacales pudiendo contaminar los suelos, enterramiento pudiendo contaminar las aguas subterráneas, incineración contaminando la atmosfera al liberar algunos metales volátiles, conversión de la fracción orgánica en compost para su uso como enmendades orgánicas es también una posible vía de introducción de metal pesado en el suelo (Jiménez y Doadrio 2014).

#### **1.2.10. Límites máximos permisibles**

Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe de ser excedido en la descarga de aguas residuales. (Botello y Rendón, 2005)

Criterios generales de descarga de efluentes:

- a. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- b. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- c. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor como son: descarga a un cuerpo de agua dulce, descarga a un cuerpo de agua marina.

Los valores de los Límites Máximos Permisibles (LMP) se detallan en la siguiente tabla 3 dependiendo de cada parámetro con el que se cuenta así mismo para poner tener un rango para cada parámetro a comparar.



**Tabla 3**

Límites máximo permisibles (LMP)

| <i>Parámetro</i>                       | <i>LMP</i>   |
|--|--------------|
| Coliformes totales UFC/100 ml          | 0 (ausencia) |
| Coliformes termo tolerantes UFC/100 ml | 0 (ausencia) |
| Bacterias heterotróficas, UFC/ml       | 500          |
| PH                                     | 6,5– 8,5     |
| Turbiedad, UNT                         | 5            |
| Conductividad, 25°C us/cm              | 1500         |
| Color, UCV – Pt-Co                     | 20           |
| Cloruros, mg/L                         | 250          |
| Sulfatos, mg/L                         | 250          |
| Dureza, mg/L                           | 500          |
| Nitratos, mg NO <sub>3</sub> -/L (*)   | 50           |
| Hierro, mg/L                           | 0,3          |
| Manganeso, mg/L                        | 0,2          |
| Aluminio, mg/L                         | 5            |
| Cobre, mg/L                            | 3            |
| Plomo, mg/L                            | 0,1          |
| Cadmio, mg/L                           | 0,003        |
| Arsénico, mg/L                         | 0,1          |
| Mercurio, mg/L                         | 0,001        |
| Cromo, mg/L                            | 0,1          |
| Fierro, mg/L                           | 5            |
| Selenio, mg/L                          | 0,05         |

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2013

**1.2.11. Norma del Codex Alimentarius para el arroz**

La presente Norma se aplica al arroz con cascarilla, al arroz elaborado y al arroz sancochado, tal y como se muestra en la tabla 4 así como también se puede ver el nivel máximo que se puede tener de acuerdo a cada descripción todos ellos destinados al consumo humano directo, y en la tabla 5 lo límites máximos permisibles de los parámetros que están siendo estudiados es decir listo para su uso previsto como alimento humano, presentado en forma envasada o vendido suelto directamente del envase al consumidor. No se aplica a otros productos derivados del arroz, o al arroz glutinoso (Vega y Reynaga, 1990).

**Tabla 4***Nivel máximo*

| <i>Descripción</i>            | <i>Nivel máx.</i> |
|-------------------------------|-------------------|
| Arroz con cascarilla          | 80% mg/L          |
| Arroz elaborado               | 0,5 % mg/L        |
| Arroz descascarado sancochado | 1,5 % mg/L        |
| Arroz elaborado sancochado    | 0,5 % mg/L        |

Fuente: CODEX STAN 198-2016

**Tabla 5***Límite máximo permisible para el arroz con cascarilla*

| <i>Parámetro</i> | <i>LMP</i> |
|------------------|------------|
| Fierro, mg/L     | 0,5        |
| Manganeso, mg/L  | 0,3        |
| Aluminio, mg/L   | 0.55       |
| Cobre, mg/L      | 5          |
| Cromo, mg/L      | 80         |

Fuente: CODEX STAN 198-2016

**1.2.12. Efectos tóxicos de los metales pesados**

Entre los metales que tienen más probabilidades de causar problemas figuran el Cobre (Cu), el Cadmio (Cd), el Mercurio (Hg), el Manganeso (Mg), el Cobalto (Co) y el Níquel (Ni). Se consideran tóxicos si resulta perjudicial para el crecimiento o el metabolismo de las células al exceder cierta concentración, algunos de ellos constituyen venenos graves incluso a concentraciones muy bajas (**Vega y Reynaga, 1990**).

La toxicidad de estos metales pesados es proporcional a la facilidad de ser absorbidos por los seres vivos, un metal disuelto en forma iónica puede absorberse más fácilmente que estando en forma elemental, y si esta se halla reducida finamente aumenta las posibilidades de su oxidación y retención por los diversos órganos (**Rodríguez, 2001**).

La toxicidad de un metal depende de su vía de administración y del compuesto químico al que está ligado. La combinación de un metal con un compuesto orgánico

puede aumentar o disminuir sus efectos tóxicos sobre las células. La toxicidad es el resultado de:

1. Cuando el organismo se ve sometido a una concentración excesiva del metal durante un periodo prolongado.
2. Cuando el metal se presenta en forma bioquímica inusitada
3. Cuando el organismo lo absorbe por una vía inusitada.

También tienen gran influencia otras variables, como la presencia de otras sustancias, la edad, la nutrición o el embarazo (**Vega y Reynaga, 1990**)

Los efectos tóxicos de los metales pesados no se detectan fácilmente a corto plazo, aunque sí puede haber una incidencia muy importante a medio y largo plazo. Los metales son difíciles de eliminar del medio, puesto que los propios organismos los incorporan a sus tejidos y de éstos a sus depredadores, en los que se acaban manifestando (**Vega y Reynaga, 1990; Garban, 1996; Rodríguez, 2001**)

#### **1.2.13. Cultivos de arroz**

El arroz (*Oryza Sativa*), es una gramínea que pertenece a la familia Poaceae, es uno de los principales cultivos de importancia nacional, es el producto que más aporta al PBI agropecuario y agrícola y genera la mayor cantidad de empleos en el sector agrario. Aporta con el 4.5% del PBI agropecuario y con el 7.7% del PBI agrícola del país en el año 2011; a su vez genera alrededor de 44.7 millones de jornales los que equivalen a 161,300 empleos anuales permanentes, es por esto que tiene en el medio rural una fuerte influencia económica y social, estimándose que la inversión en mano de obra, representa casi el 30% de la producción bruta arrocería nacional (**Pozo, 2001**).

#### **1.2.14. El cultivo de arroz en la Amazonía Peruana**

El cultivo de arroz es un cultivo tropical propicio para las regiones de San Martín y Yurimaguas debido a los regímenes de temperaturas altas y constantes durante todo el año. Se puede sembrar y cosechar hasta 2 veces por año (13 a 14 t/ha). Este cultivo constituye una alternativa al cultivo de la hoja de coca, sin embargo, algunos productores desconocen de las prácticas conservacionistas de las cuencas hídricas, contaminándolas y agotando algunas fuentes. Así también, los productores no

cuentan con un plan de gestión de residuos de cosecha, se ha demostrado que la cascara contiene tras ser convertida en cenizas de 85 a 90% de silicio. Se propone el uso de la cascarilla de arroz para devolver el silicio absorbido por la planta durante su desarrollo, en forma de ceniza. El silicato orgánico puede ser aplicado como fertilizante en cultivos de plátanos y palma aceitera (Guerra, 2015)

#### **1.2.15. Contaminación por metales pesados**

La importancia que tiene el estudio de metales pesados principalmente, es que la absorción de éstos por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen del movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta, el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, el transporte de los metales desde la raíz a los tallos, y la posible movilización de los metales desde las hojas hacia los tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) (Marzal, 2001).

#### **1.2.16. ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación y generación de estos metales pesados?**

Hay que seguir el proceso natural, es decir donde están distribuidos y donde están concentrados. El más importante por su abundancia es el hierro que está presente en las cañerías, que actualmente ya no se usan y han sido reemplazadas por el plástico, sin embargo, muchas de las instalaciones de la ciudad tienen todavía cañerías, entonces el agua al pasar por la cañería va desprendiendo partículas y poco a poco va contaminando, esa es una fuente. Otra fuente es el aluminio que se usa en las industrias, especialmente en utensilios de cocina, entonces, al momento de comer, se desprende el aluminio y se introduce al organismo. (Pozo, 2001).

#### **1.2.17. ¿Qué efectos tiene respecto a la salud esta contaminación por metales pesados?**

Cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido. El más conocido es el cromo que afecta varios sistemas en el organismo, por ejemplo, en el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro. El cromo afecta también a la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón, específicamente en sistema

tubular de las nefronas, Otro metal pesado es el aluminio que también afecta al riñón y otro que no es exactamente un metal, pero es un contaminante es el arsénico que tienen efecto directo en las mitocondrias. Los daños en si son muy diversos dependiendo de cada metal, pero en general se puede decir que hay lesión celular. La intoxicación por plomo puede simular otras enfermedades, como por ejemplo la esclerosis, que es una enfermedad incurable muy complicada en cuanto a sus síntomas, y la intoxicación por cromo puede simular y afectar al sistema nervioso con la misma sintomatología, como parestesias, paresias, fatiga, etc., y puede producir en general una disfunción, luego algo importante del cromo es que se lo ha relacionado últimamente con la generación de conductas antisociales, y también hay una relación con retardo mental y pérdida de habilidades cognitivas. En cuanto al riñón, los metales pesados a la larga van a producir daño renal que puede llegar hasta una insuficiencia renal (**Marzal, 2001**).

#### **1.2.18. ¿Cuáles son los efectos respecto al medio ambiente?**

Son bastantes graves y hablando específicamente, cambia la alcalinidad del suelo, obviamente, depende mucho de la concentración. También contaminan el agua y los cultivos. En este si es una cantidad excesiva de aluminio se pueden producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos, también afecta principalmente la fauna. El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde y sobre todo que son peligrosos para la salud. Felizmente se están tomando medidas, aunque ha costado mucho que algunos países industrializados apliquen estas (**Pozo, 2001**).

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de tierra. Como elementos de rastro, algunos metales pesados (ejem. cobre, selenio, cinc) son esenciales mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden conducir al envenenamiento. El envenenamiento por metal pesado podría resultar, por ejemplo, de la contaminación del agua potable (ej. tuberías del plomo), las altas concentraciones en el aire cerca de fuentes de la emisión, o a través de la cadena alimenticia.

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, comparada a la concentración del producto químico en el ambiente. (Marzal, 2001).

**1.2.19. ¿Cómo se eliminan del cuerpo estos metales pesados, como ser el cromo el hierro?**

Ese es el problema de los metales pesados: que no se eliminan y si se eliminan es en muy baja escala, entonces, este efecto es más bien acumulativo, y se van adquiriendo y acumulando en ciertas partes, como son metales pesados justamente, de peso molecular muy alto, no son metabolizados para empezar y los que están diluidos en la sangre, siempre se encuentran en alguna parte dañando, pueden llegar a eliminarse por el riñón y por otras vías. Si la contaminación es muy alta se acumula en el pelo, lo vuelve quebradizo (Marzal, 2001).

**1.2.20. ¿Cuáles son las medidas sanitarias para controlar la contaminación de estos metales pesados?**

Lamentablemente, si el agua está contaminada, y la gente tiene que bañarse, tomar el agua, etc., no se puede evitar el contacto con los metales pesados, es decir que no hay una medida directa como por ejemplo hervir el agua en el caso de contaminación bacteriana, así que es imposible tomar una medida directa, pero sí se puede prevenir evitando que los metales lleguen al agua y al suelo. Es necesario entonces controlar las fuentes de contaminación con metales pesados; prevenir que estos se difundan en el medio ambiente evitando que los desechos que contienen metales pesados lleguen a él. En concreto las medidas sanitarias son principalmente de prevención: identificar las fuentes de contaminación, controlar la difusión a partir de estas, tratar de no incluir en los procesos industriales materia prima que contenga metales pesados, y otras parecidas. Si ya existen suelos y aguas contaminadas, se deben aplicar algunas medidas que se llaman de remediación (Pozo, 2001).

#### **1.2.21. ¿Cuáles son los síntomas, signos cuando la persona está contaminada por estos metales?**

Depende mucho de los niveles de intoxicación. Con hierro por ejemplo que es el más estudiado, su presencia en el cuerpo indica un grado de contaminación muy alta. Como afecta al sistema nervioso se presentan cambios sutiles como cambios de conducta que pueden ser atribuidos a otros factores como la escuela, el ambiente familiar, etc. La intoxicación por hierro es una enfermedad muy difícil de sospechar y por tanto de diagnosticar. Tal vez algo que es muy importante es que el hierro afecta al niño produciendo un bajo rendimiento escolar. (Guerra, 2015)

#### **1.2.22. ¿Cuál es actualmente tratamiento que se está utilizando?**

Hay algunos tratamientos, pero es muy difícil de sacar del cuerpo. Se puede tratar con sustancias que se llaman quelantes, que son sustancias que van a ir a capturar el aluminio para luego ser eliminados; ese es el único tratamiento directo. Obviamente también se trata la sintomatología o los daños que hayan producido los metales pesados, dependiendo de donde haya sido éste. Por ejemplo, si hay un daño severo en el riñón, el tratamiento no es sacar el aluminio, sino será realizar un trasplante dependiendo del grado de un daño renal (Pozo, 2001).

#### **1.2.23. ¿Y cómo se realiza el diagnóstico?**

Las pruebas principales son la medición de la concentración del metal en sangre, mediante una prueba química. Uno de los métodos es la detección del aluminio mediante la cromatografía por absorción atómica, pero es un procedimiento caro. Esa misma detección se puede realizar en el pelo (Guerra, 2015)

#### **1.2.24. Impacto en los cultivos de arroz**

Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Adame, 2000)

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un

producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente **(Vega y Reynaga, 1990)**

En un pequeño grado se pueden incorporar a organismos vivos (plantas y animales) por vía del alimento y lo pueden hacer a través del agua y el aire como medios de traslocación y dependiendo de su movilidad en dichos medios **(Vargas, 2004).**

Los metales pesados pueden incorporarse a un sistema de abastecimiento de agua por medio de residuos industriales que son vertidos sin previos tratamientos, los que posteriormente se depositan en lagos, ríos y distintos sistemas acuíferos **(Adame, 2000)**

La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta **(Vargas, 2004).**



## CAPÍTULO II

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales

Para la fase de campo se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Libreta de campo, lapiceros, palana, machete, guantes, mandil, mascarilla, cámara fotográfica, cooler para colocar las muestras y luego estas sean trasladadas muestras desde el punto de muestreo hasta el laboratorio, envases de plástico o frascos para la recolección de las muestras de agua para que posteriormente sean enviadas al laboratorio, bolsas de plástico negras para la recolección de las muestras de suelo y la recolección de las muestras de la cascarilla de arroz y luego estas sean enviadas al laboratorio, ficha o formato N° 01 se utilizó tres fichas para el registro de la toma de muestras de agua y así tener datos de campo exactos y seguir en orden la toma de muestras (Ver: Anexo N° A), ficha o formato N° 02 se utilizó una ficha para seguir con el registro de la toma de muestra de suelo para poder tener un dato exacto y seguir en orden el muestreo (Ver: Anexo N° B), ficha o formato N° 03 se utilizó una ficha para seguir con el registro de la toma de muestra de la cascarilla de arroz para poder tener un dato exacto y seguir en orden el muestreo (Ver: Anexo N° C), termómetro ambiental para saber en qué temperatura se encuentra cada muestra de agua que se recolecto. (Ver: Anexo N° A y Anexo 8H), GPS GARMIN 64S se utilizó para obtener los puntos de referencia del lugar en donde se tomó las muestras de suelo (ver tabla 6), puntos de referencia de muestras de agua (ver tabla 7), puntos de referencia del muestreo de granos de arroz con cascarilla (ver tabla 8), obteniendo los siguientes datos:

**Tabla 6**

*Muestreo de suelos*

| N° | Muestra | Coordenadas |          | Altitud |
|----|---------|-------------|----------|---------|
|    |         | X           | Y        |         |
| 1  | Poza 1  | 9329077,1   | 287390,7 | 825 m   |
| 2  | Poza 2  | 9329014,7   | 287698,0 | 825 m   |
| 3  | Poza 3  | 9329129,7   | 287343,8 | 824 m   |

**Tabla 7***Muestreo de aguas*

| <i>Nº</i> | <i>Muestra</i> | <i>Coordenadas</i> |          | <i>Altitud</i> |
|-----------|----------------|--------------------|----------|----------------|
|           |                | <b>X</b>           | <b>Y</b> |                |
| 1         | Cuneta         | 9329044,7          | 287373,0 | 791 m          |
| 2         |                | 9329055,4          | 287387,5 | 819 m          |
| 3         | Poza 1         | 9329077,1          | 287390,7 | 825 m          |
| 4         |                | 9329050,8          | 287364,2 | 817 m          |
| 5         |                | 9329077,1          | 287369,6 | 825 m          |
| 6         | Poza 2         | 9329062,9          | 287339,4 | 826 m          |
| 7         |                | 9329014,7          | 287698,0 | 825 m          |
| 8         |                | 9329129,7          | 287343,8 | 824 m          |
| 9         | Poza 3         | 9329134,9          | 287296,6 | 822 m          |
| 10        |                | 9329127,0          | 287362,0 | 825 m          |

**Tabla 8***Muestreo de granos de arroz*

| <i>Nº</i> | <i>Muestra</i> | <i>Coordenadas</i> |          | <i>Altitud</i> |
|-----------|----------------|--------------------|----------|----------------|
|           |                | <b>X</b>           | <b>Y</b> |                |
| 01        | Poza 1         | 9329077,1          | 287390,7 | 825 m          |
| 02        |                | 9329050,8          | 287364,2 | 817 m          |
| 03        | Poza 2         | 9329014,7          | 287698,0 | 825 m          |
| 04        |                | 9329077,1          | 287369,6 | 825 m          |
| 05        | Poza 3         | 9329129,7          | 287343,8 | 824 m          |
| 06        |                | 9329134,9          | 287296,6 | 822 m          |

## 2.2. Métodos

Selección del área de estudio: Para la selección del área en el que se trabajó primero se identificó la zona a ser evaluada, luego se dialogó con el propietario el Sr. Artemio Fernández Pérez identificado con DNI N° 27259691 para que conceda el permiso de realizar los muestreos en su parcela, luego se procedió a utilizar el programa ArcGIS-10.3, puesto de que se trabajó en un solo lugar, con la diferencia

de que la toma de muestras se realizó en sectores diferentes dentro del área de estudio. (Ver: Anexo G).

Toma de muestras de agua: La toma de muestras de agua se realizó en tres periodos agosto, octubre y diciembre durante el lapso de 6 meses en diferentes épocas tanto en época lluviosa como en época seca. Para la primera toma de muestra realizada el 22 de agosto del 2017 a las 2.00 pm se recolecto 4 muestras de agua; una muestra de un litro (1lt) de la cuneta, una muestra de un litro (1lt) de la primera poza, una muestra de un litro (1lt) de la segunda poza y una muestra de un litro (1lt) de la tercera poza, teniendo un total de 4 frascos sellados de un litro cada uno para ser enviados al laboratorio, el muestreo de agua termino a las 4:30pm. Para la segunda toma de muestra realizada el 22 de octubre del 2017 a las 2.00 pm se recolecto 3 muestras de agua; una muestra de un litro (1lt) de la primera poza, una muestra de un litro (1lt) de la segunda poza y una muestra de un litro (1lt) de la tercera poza, las tres muestras tomadas se realizaron en el mismo lugar en el cual se tomaron las muestras inicialmente, teniendo un total de 3 frascos sellados de un litro cada uno para ser enviados al laboratorio, el muestreo de agua termino a las 4:30pm. Para la tercera toma de muestra realizada el 22 de diciembre del 2017 a las 2.00 pm se recolecto 3 muestras de agua; una muestra de un litro (1lt) de la primera poza, una muestra de un litro (1lt) de la segunda poza y una muestra de un litro (1lt) de la tercera poza, las tres muestras tomadas se realizaron en el mismo lugar en el cual se tomaron las muestras inicialmente, teniendo un total de 3 frascos sellados de un litro cada uno para ser enviados al laboratorio, el muestreo de agua termino a las 4:30pm.

Toma de muestras de suelo: La toma de muestras de suelo se realizó el 22 de agosto del 2017 a las 3.45 pm se recolecto 3 muestras de suelo; una muestra de un kilogramo (1kg) de la primera poza, una muestra de un kilogramo (1kg) de la segunda poza y una muestra de un kilogramo (1kg) de la tercera poza, teniendo un total de 3 bolsas con muestra de suelo, cada muestra fue tomada del punto medio de cada poza para ser enviados al laboratorio.

Toma de muestras de cascarilla de arroz: La toma de muestras de la cascarilla de arroz se realizó el 22 de enero del 2018 a las 2.00 pm en tiempo de cosecha para ello se recolecto 6 muestras de arroz con cascarilla; dos muestras de un kilogramo

(1kg) cada uno de la primera poza, dos muestras de un kilogramo (1kg) cada uno de la segunda poza y dos muestras de un kilogramo (1kg) cada uno de la tercera poza, teniendo un total de 6 bolsas de plástico con muestra de arroz con cascarilla, cada muestra fue tomada de las esquinas de cada poza para ser enviados al laboratorio.

**Análisis de laboratorio:** El análisis de laboratorio se realizó en la ciudad de Tarapoto en la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto (UNSM-T), en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Foliaves, para determinar la concentración de metales pesados (Cr, Al, Fe) en el agua, suelo y en los granos de arroz, por intermedio de la Empresa CERP Construcciones Generales SAC, posteriormente esos datos fueron procesados. (Ver: Anexo C y D)

**Análisis de suelo:** Se tomaron tres muestras de suelo de cada una de las pozas que fueron evaluadas del área de estudio para determinar si los metales pesados además de estar en el agua también se encuentran en el suelo.

### 2.2.1. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados continuaron el siguiente tratamiento estadístico respecto a la contrastación de la hipótesis para determinar la correlación entre las variables.

- a. Formulación de las hipótesis Estadísticas:

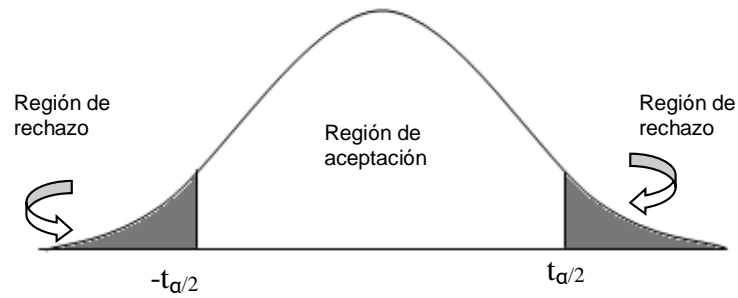
$H_0 : \rho = 0$  No existe correlación entre las variables

$H_1 : \rho \neq 0$  Existe correlación entre las variables

Donde:

$\rho$  : Es el grado de correlación

- b. Se estableció un nivel de confianza para la investigación del 95%, es decir un error estadístico del 5% ( $\alpha$ ).
- c. La hipótesis fue contrastada mediante el estadístico de prueba correspondiente a la distribución t – Student y para la utilización de este estadístico se calculó el coeficiente de correlación de Pearson. La prueba t fue bilateral, tal como se muestra en la curva de Gauss (Ver Figura 1)



**Figura 1.** Curva de Gauss. (Fuente: CORDOVA ZAMORA, M. Estadística Inferencial; 1996).

Cuya fórmula es la siguiente:

$$t_c = \gamma_s \sqrt{\frac{n-2}{1-\gamma_s^2}} \quad \text{Con } (n-2) \text{ grados de libertad,}$$

Donde:

$t_c$ : Valor calculado, producto de desarrollar la fórmula.

$n$ : Tamaño de muestra.

$\gamma_s$ : Correlación entre las variables.

$$\gamma_s = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

d. Se tomó la decisión estadística según los siguientes criterios:

Si  $t_c > t_\alpha$  ó  $t_c < -t_\alpha$ , se rechaza  $H_0$  y se acepta la hipótesis de investigación  $H_1$ , lo cual implica que existe correlación significativa entre las variables

Si  $-t_\alpha \leq t_c \leq t_\alpha$ , se acepta la hipótesis  $H_0$ , lo cual implica que no existe correlación entre las variables

e. Los datos son presentados en tablas estadísticas construidas según estándares establecidos para la investigación.

f. El procesamiento de los datos se hace en forma electrónica mediante Ms. Excel

## CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Resultados

#### 3.1.1 Determinación de los metales pesados en el agua de riego

Según los resultados de la tabla 9, en promedio encontramos 6,26 mg/100g de hierro en el agua de riego, lo cual supera los 5,00 mg/100g que es el límite máximo permisible. Asimismo, encontramos 0,35 mg/100g de cromo superando los 0,100 mg/100g que es el límite máximo permisible. Sin embargo, el contenido de aluminio (4,66 mg/100g) no supera el límite máximo permisible (5,00 mg/100g)

**Tabla 9**

*Contenido de metales pesados en el agua de riego*

| Muestras | Concentración de metales pesados<br>(mg/100g) |               |             |
|----------|---|---------------|-------------|
|          | Fierro (Fe)                                   | Aluminio (Al) | Cromo (Cr)  |
| 1        | 3,80  | 2,44          | 0,00        |
| 2        | 4,25  | 2,89          | 0,05        |
| 3        | 7,16  | 8,00          | 0,44        |
| 4        | 6,40  | 4,96          | 0,44        |
| 5        | 5,80  | 3,80          | 0,30        |
| 6        | 10,14   | 5,89          | 0,89        |
| Promedio | 6,26  | 4,66          | 0,35        |
| LMP*     | 5,00mg/100g                                   | 5,00 mg/100g  | 0,1 mg/100g |

\*Límite Máximo Permisible

#### 3.1.2 Determinación de los metales pesados en la cascarilla de arroz

Según los resultados de la tabla 10, se encontraron 0,50 miligramos de hierro por cada 100 gramos de arroz con cascarilla, 0,65 miligramos de aluminio por cada 100 gramos de arroz con cascarilla y 81,48 miligramos de cromo por cada 100 gramos de arroz con cascarilla aproximadamente.

**Tabla 10***Contenido de metales pesados en la cascarilla de arroz*

| Muestras | Concentración de metales pesados (mg/100g) |               |               |
|----------|--|---------------|---------------|
|          | Fierro (Fe)                                | Aluminio (Al) | Cromo (Cr)    |
| 1        | 0,52                                       | 0,66          | 81,32         |
| 2        | 0,50                                       | 0,70          | 80,36         |
| 3        | 0,51                                       | 0,64          | 83,21         |
| 4        | 0,49                                       | 0,58          | 81,20         |
| 5        | 0,47                                       | 0,64          | 81,36         |
| 6        | 0,53                                       | 0,70          | 81,40         |
| Promedio | 0,50 mg/100g                               | 0,65 mg/100g  | 81,48 mg/100g |

### 3.1.3 Correlación del contenido de Hierro en la cascarilla de arroz y en el agua de riego

Según los resultados de la tabla 11, existe una correlación baja (0,36) entre el contenido de hierro en el arroz con cascarilla y el contenido de hierro en el agua de riego; es decir, el 13% del contenido de hierro en el agua es debido al contenido de hierro en el arroz con cascarilla, lo cual hace suponer que el 87% del contenido de hierro en el agua para riego proviene de otras fuentes.

**Tabla 11**

*Correlación entre el contenido de Hierro en la cascarilla de arroz y el contenido de Hierro en el agua de riego.*

| Muestras                           | Contenido de Fe en la cascarilla de arroz (mg/100g) | Contenido de Fe en agua de riego (mg/100g) |
|------------------------------------|---|--|
| 1                                  | 0,52  | 3,80                                       |
| 2                                  | 0,50  | 4,25                                       |
| 3                                  | 0,51  | 7,16                                       |
| 4                                  | 0,49  | 6,40                                       |
| 5                                  | 0,47  | 5,80                                       |
| 6                                  | 0,53  | 10,14                                      |
| Coeficiente de Correlación: 0,36   |   |  |
| Coeficiente de Determinación: 0,13 |   |  |

### 3.1.4 Prueba de hipótesis en la correlación del contenido de Hierro

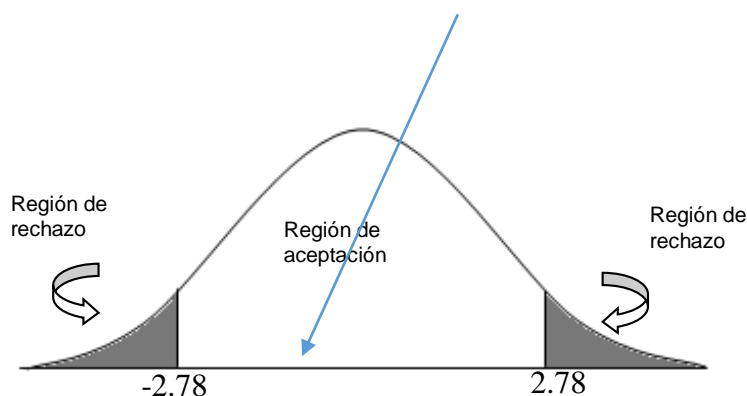
Según los resultados mostrados en la tabla 12, no existe correlación entre el contenido de hierro en el arroz con cascarilla y el contenido de hierro en el agua de riego, dado que el valor t calculado (0,77) es menor que el valor crítico (2,78).

**Tabla 12**

*Prueba de hipótesis para correlacionar el contenido de Hierro en la cascarilla de arroz y el contenido de Hierro en el agua de riego.*

| Hipótesis           | Nivel de significancia | Valor calculado | Valor Crítico | Decisión   |
|---------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------|
| $H_0 : \rho = 0$    | $\alpha = 0,05$        | 0,77            | 2,78          | Aceptar Ho |
| $H_1 : \rho \neq 0$ |                        |                 |               |            |

$$t_c = 0.36 \sqrt{\frac{6-2}{1-0.13}} = 0.77$$



**Figura 2.** Representación gráfica de la correlación del contenido de Hierro

En la Figura 2 se puede observar la región de aceptación de la correlación del contenido de Hierro tanto en la cascarilla de arroz como en el agua de riego y así poder representar gráficamente el resultado obtenido del valor calculado.

### 3.1.5 Correlación del contenido de Aluminio en la cascarilla de arroz y el agua de riego

Según los resultados de la tabla 13, existe una correlación baja negativa (-0.20) entre el contenido de aluminio en el arroz con cascarilla y el contenido de aluminio



en el agua de riego; es decir, el 4% del contenido de aluminio en el agua es debido al contenido de aluminio en el arroz con cascarilla, lo cual hace suponer que el 96% del contenido de aluminio en el agua para riego proviene de otras fuentes.

**Tabla 13**

*Correlación entre el contenido de Aluminio en la cascarilla de arroz y el contenido de Aluminio en el agua de riego.*

| Muestras                           | Contenido de Al<br>en la cascarilla de<br>arroz (mg/100g) | Contenido de<br>Al en agua de<br>riego (mg/100g) |
|------------------------------------|---|--|
| 1                                  | 0,66  | 2,44   |
| 2                                  | 0,70  | 2,89   |
| 3                                  | 0,64  | 8,00   |
| 4                                  | 0,58  | 4,96   |
| 5                                  | 0,64  | 3,80   |
| 6                                  | 0,70  | 5,89   |
| Coeficiente de Correlación: -0,20  |   |  |
| Coeficiente de Determinación: 0,04 |   |  |

### 3.1.6 Prueba de hipótesis en la correlación del contenido de Aluminio

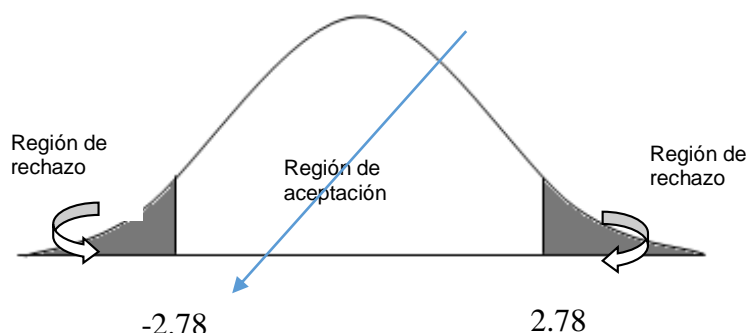
Según los resultados mostrados en la tabla 14, no existe correlación entre el contenido de aluminio en el arroz con cascarilla y el contenido de aluminio en el agua de riego, dado que el valor t calculado (-0,41) es menor que el valor crítico (-2,78).

**Tabla 14**

*Prueba de hipótesis para correlacionar el contenido de Aluminio en la cascarilla de arroz y el contenido de Aluminio en el agua de riego.*

| Hipótesis           | Nivel de<br>significancia | Valor<br>calculado | Valor<br>Crítico | Decisión      |
|---------------------|---------------------------|--------------------|------------------|---------------|
| $H_0 : \rho = 0$    | $\alpha = 0,05$           | -0.41              | 2.78             | Aceptar $H_0$ |
| $H_1 : \rho \neq 0$ |                           |                    |                  |               |

$$t_c = -0.20 \sqrt{\frac{6-2}{1-0.04}} = -0.41$$



**Figura 3.** Representación gráfica de la correlación del contenido de Aluminio

En la Figura 3 se puede observar la región de aceptación de la correlación del contenido de Aluminio tanto en la cascarilla de arroz como en el agua de riego y así poder representar gráficamente el resultado obtenido del valor calculado.

### 3.1.7 Correlación del contenido de Cromo en la cascarilla de arroz y el agua de riego

Según los resultados de la tabla 15, existe una correlación baja (0.32) entre el contenido de cromo en el arroz con cascarilla y el contenido de cromo en el agua de riego; es decir, el 10% del contenido de cromo en el agua es debido al contenido de cromo en el arroz con cascarilla, lo cual hace suponer que el 90% del contenido de cromo en el agua para riego proviene de otras fuentes.

**Tabla 15**

*Correlación entre el contenido de Cromo en la cascarilla de arroz y el contenido de Cromo en el agua de riego.*

| Muestras                           | Contenido de Cr<br>en la cascarilla de<br>arroz (ppm) | Contenido de Cr<br>en agua de riego<br>(ppm) |
|------------------------------------|---|--|
| 1                                  | 81,32   | 0,00   |
| 2                                  | 80,36   | 0,05   |
| 3                                  | 83,21   | 0,44   |
| 4                                  | 81,20   | 0,44   |
| 5                                  | 81,36   | 0,30   |
| 6                                  | 81,40   | 0,89   |
| Coeficiente de Correlación: 0,32   |   |  |
| Coeficiente de Determinación: 0,10 |   |  |

### 3.1.8 Prueba de hipótesis en la correlación del contenido de Cromo

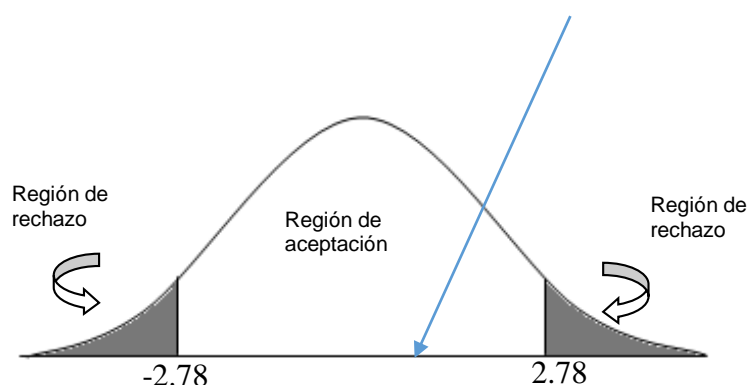
Según los resultados mostrados en la tabla 16, no existe correlación entre el contenido de cromo en el arroz con cascarilla y el contenido de cromo en el agua de riego, dado que el valor t calculado (0,67) es menor que el valor crítico (2,78).

**Tabla 16**

*Prueba de hipótesis para correlacionar el contenido de Cromo en la cascarilla de arroz y el contenido de Cromo en el agua de riego.*

| Hipótesis           | Nivel de significancia | Valor calculado | Valor crítico | Decisión   |
|---------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------|
| $H_0 : \rho = 0$    | $\alpha = 0,05$        | 0.67            | 2.78          | Aceptar Ho |
| $H_1 : \rho \neq 0$ |                        |                 |               |            |

$$t_c = 0.32 \sqrt{\frac{6-2}{1-0.10}} = 0.67$$



**Figura 4.** Representación gráfica de la correlación del contenido de Cromo

En la Figura 4 se puede observar la región de aceptación de la correlación del contenido de Cromo tanto en la cascarilla de arroz como en el agua de riego y así poder representar gráficamente el resultado obtenido del valor calculado.

### 3.1.9 Impactos de los metales pesados (Cr, Al, Fe) en los cultivos de arroz

En relación a los impactos que generan estos metales sobre el cultivo de arroz y los suelos, sobresale el Fe, el cual en su forma normal se presenta en los suelos en una concentración superior entre 4,21 a 3,31 mg/kg en la poza 1 y poza 2. Aún cuando

el Fe es importante para la nutrición de las plantas, los valores relativamente altos encontrados en los análisis nos indican un riesgo de toxicidad para las mismas. El Cr y Al en los suelos tienen valores normales de entre 0.34 ppm y de 0,40 a 0,66 ppm, siendo más fácilmente adsorbidos por el arroz el Al que el Cr. En la presente investigación los valores de estos dos metales fueron menores al nivel límite permitido en suelo, explicándose la menor acumulación por su escasez en el agua de riego. Sin embargo, podrían acumularse en el arroz y posteriormente en los animales y el hombre. En ambos casos, aún cuando el Cr está por encima de los valores normales, son bajos y son necesarios para el crecimiento de las plantas, su incremento en los suelos da lugar a su potencial toxicidad. Duffus (1983) sostiene que aún cuando existan pequeñas concentraciones de Al en el suelo, como los obtenidos en esta investigación, se producen fenómenos de metilación por acción de organismos como los hongos de los géneros *Fusarium* sp, *Candida* sp, *Aspergillus* sp. Esta reacción determina la generación de arsina y trimetilarsina, gases altamente tóxicos que se evaporan o se disuelven y pueden actuar en forma letal sobre los organismos del suelo y del arroz.

Los agricultores de zona de Marona en su margen derecha e izquierda que se dedican al cultivo de arroz, en épocas pasadas se vieron en la necesidad de usar las aguas de riego de las cunetas, hecho que afectó la productividad de los suelos agrícolas y en alguna medida de los diversos productos alimenticios e industriales.

Los metales pueden llegar a las plantas, bien directamente por la absorción de esos metales del suelo, o porque son regadas con aguas que llevan cantidades importantes de los mismos. Según el tipo de suelo del que se trate, los metales pueden pasar a aguas subterráneas, o por arrastres de erosión, también pueden llegar a aguas superficiales (ríos). En ambos casos, estas aguas pueden ser utilizadas para riego. De este modo, los suelos con este tipo de contaminación pueden ser perjudiciales para la salud. Aunque muchas de las plantas de cultivo para el consumo animal y humano (maíz, avena, cebada, habichuelas), suelen tolerar cantidades importantes de metales pesados, los riesgos derivados de su consumo son debidos a que muchos de esos metales se van acumulando en la cadena alimenticia (bioacumulación).

Señalemos, además que poco sabemos del impacto de otras muchas sustancias químicas artificiales. Existen más de 100.000 diferentes, y aunque muchas se han prohibido por peligrosas, sabemos que ya se encuentran en suelos a los que han llegado, la mayoría de las veces, por vertidos no controlados. Esta cuestión está suponiendo centrar el estudio en cada sustancia por separado, debido a la enorme variedad de las mismas y su utilización en contextos concretos.

### 3.1.10 Contenido de iones en el suelo

En el suelo existe grandes cantidades de materia inorgánica, la cuales se pueden clasificar en óxidos, hidróxidos y sales. De estos tipos, los más importantes para la alimentación de las plantas son las sales, debido a la solubilidad de muchas de ellas. Las sales son compuestos iónicos formados por iones positivos (cationes) y por iones negativos (aniones), razón por la cual no forman molécula, sino que estos iones se unen entre sí en formando figuras geométricas, cristalinas, que las caracteriza.

La tabla 17 representa a los elementos metálicos investigados dentro de las muestras de suelos tomadas en el área de estudio, en donde se puede observar la cantidad y el promedio de cada elemento.

**Tabla 17**

*Contenido de iones en el suelo*

| <i><b>Muestras</b></i> | <i><b>Metales pesados</b></i> |                             |                          |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|                        | <i><b>Fierro (Fe)</b></i>     | <i><b>Aluminio (Al)</b></i> | <i><b>Cromo (Cr)</b></i> |
| 1                      | 4,21                          | 0,34                        | 0,40                     |
| 2                      | 3,31                          | 0,00                        | 0,66                     |
| 3                      | 0,76                          | 0,00                        | 0, 61                    |
| Promedio               | 2,76 mg/kg<br>(ppm)           | 0,11 mg/kg<br>(ppm)         | 0,56 mg/kg<br>(ppm)      |

### 3.2 Discusión

Para llegar a la conclusión de esta tesis se hizo una discusión con autores relevantes en el tema, en el cual se hizo comparaciones y similitudes sobre los resultados encontrados.

Huaranga en el año 2012, en su investigación realizada en el río Moche concluye que los metales pesados encontrados en el agua de riego existen en mayor cantidad siendo el caso del Aluminio con un promedio de 63,6 ppm, Hierro un promedio de 61,82 ppm y Cromo un promedio de 76,15 ppm; y en la investigación realizada concluimos que de Aluminio se tiene un promedio de 4,66 ppm, Hierro un promedio de 6,26 ppm y Cromo un promedio de 0,35 ppm; obteniendo resultados muy diferentes y nada parecidos porque el promedio de las concentraciones encontradas en el Río Moche durante los años evaluados superaron los límites máximos permisibles y son metales pesados que predominan en el río Moche, en cambio en la investigación realizada los promedios de las concentraciones que se encontraron sobrepasan los límites máximos permisibles pero no en demasiada cantidad.

Zafra en el año 2007, en su investigación realizada en la escorrentía superficial concluye que los metales pesados encontrados en el agua de riego existen en mínima cantidad siendo el caso del Aluminio con un promedio de 4,85 ppm, hierro un promedio de 6,45 ppm y Cromo un promedio de 0,55 ppm; y en la investigación realizada concluimos que de Aluminio se tiene un promedio de 4,66 ppm, hierro un promedio de 6,26 ppm y Cromo un promedio de 0,35 ppm; obteniendo resultados parecidos en las investigaciones citados por otros investigadores porque el promedio de las concentraciones encontradas en la escorrentía superficial y en la investigación realizada son resultados parecidos puesto de que casi coinciden con los datos obtenidos.

Meza en el año 2015, en su investigación realizada en la Bioacumulación de Metales Pesados concluye que los metales pesados encontrados en la cascarilla de arroz existen en mínimas cantidades siendo el caso del Aluminio con un promedio de 0,86g/100gr, Hierro un promedio de 0,62g/100gr y Cromo un promedio de 76,15g/100gr; y en la investigación realizada concluimos que de Aluminio se tiene un promedio de 0,65g/100gr, Hierro un promedio de 0,50g/100gr y Cromo un promedio de 81,48g/100gr; obteniendo resultados parecidos a las investigaciones realizadas en otras localidades, porque los datos obtenidos en ambos estudios coinciden en los resultados.

Zafra en el año 2007 en su investigación realizada en la Escorrentía Superficial concluye que los niveles de contaminación inducidos en la fase vegetativa del arroz, no provocan síntomas visibles de fitotoxicidad, debido a mecanismos de aclimatación que contrarrestaron dicho efecto, dependiendo de las características del metal y su concentración, y en la investigación realizada concluimos que los metales pesados afectan al cultivo de arroz puesto de que existió una menor producción que años anteriores.

Botello y Rendón von Ostén en el año 2005 en su libro Contaminación e Impacto Ambiental concluye que los metales pesados en el suelo disminuyen el rendimiento de las cosechas y existen cambios en la composición de los productos, con riesgo para la salud de los consumidores, al entrar determinados elementos en la cadena trófica, y en la investigación realizada se concluye de que los metales pesados si disminuyen el rendimiento de las cosechas los cuales los resultados son parecidos en las investigaciones citados por otros investigadores, porque el resultado que se obtuvo en ambas investigaciones tiene como resultado la disminución del rendimiento.

Según los resultados obtenidos en la investigación de tesis, en el año 2016 existía una producción mayor en el cultivo de arroz que en esta última cosecha del 2017, esto se debe a que en la cosecha del año 2016 el tipo de riego fue de la quebrada Pabloyacu, en cambio en la cosecha del 2017 el tipo de riego que se mantuvo fue directamente de la cuneta y una parte de la quebrada Marona, entonces es por ello que en el estudio de tesis realizado nos dimos cuenta de que la fuente hídrica para el tipo de riego influye en el crecimiento y producción del cultivo de arroz. Además de ello de que no es tan favorable ni tan beneficioso consumirlo porque puede afectar con la salud de la población.

## CONCLUSIONES

Se ha evaluado las aguas de escorrentía pluvial de las cunetas habiéndose encontrado la presencia de los metales pesados (Cr, Al, Fe) los cuales superan los LMP y podrían generar impactos negativos en los cultivos de arroz encontrándose bioacumulado en éste en diferentes concentraciones.

Las aguas de riego en el cultivo de arroz presentaron como promedio de Aluminio un resultado de 4,66 mg/100g; el promedio de Hierro fue de 6,26 mg/100g y el promedio de Cromo fue de 0,35 mg/100g

En la evaluación del contenido de Aluminio en “la cascarilla de arroz” por método de Espectrofotometría de Absorción Atómica fue de 0,65 mg/100g con una desviación estándar de  $\sigma=0,41$ ; el contenido de Hierro fue de 0,50 mg/100g con una desviación estándar de  $\sigma=0,77$  y el contenido de Cromo fue de 81,48 mg/100g con una desviación estándar de  $\sigma=0,67$ .

Los impactos en el cultivo de arroz y el suelo presentaron como resultado mayor cantidad de hierro obteniendo un promedio de 2,76 mg/kg, de aluminio 0,11 mg/kg y de cromo 0,56 mg/kg; además el hierro superó los límites máximos permisibles, además la influencia de los metales pesados está generando un impacto social y económico viéndose afectado el propietario de la parcela.



## RECOMENDACIONES

A la Universidad Nacional de San Martín – Facultad de Ecología realizar futuros estudios con diversos metales pesados dentro del área de estudio y sus posibles impactos negativos en el cultivo de arroz.

A la Facultad de Ecología implementar con mayor información bibliográfica especializada para ampliar el conocimiento sobre la contaminación que producen los metales pesados en el cultivo de arroz.

A la Facultad de Ecología prevenir los problemas del ambiente y nunca ignorarlo porque si obvia crecer se arriesga la calidad de vida y esto disminuye las oportunidades del desarrollo.

A la Facultad de Ecología realizar acciones para atacar causas y también efectos negativos que produce la contaminación de metales pesados en nuestro ambiente.

A la Facultad de Ecología difundir este tipo de estudios lo cual puede ser una buena oportunidad para la toma de decisiones en el aspecto social, en cuanto a la carencia de información para desarrollar proyectos en las zonas y así considerar que existen fuentes de contaminación que pueden estar afectando a la población y así buscar alguna solución a este problema.

A los pobladores y autoridades del distrito de Marona sugerir medidas para la mitigación de metales pesados dentro del área de estudio.

Al propietario de la parcela no utilizar como agua de riego al agua proveniente de la cuneta, puesto de que está generando una mala producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAME ROMERO, Aurora.** *Contaminación Ambiental*, Segunda Edición, Editorial Trillas, S. A. de C.V. México, D.F, 2000.
- ATSDR**, Agency for Toxic Substances and Disease Registry 4770 Buford Hwy NE Atlanta, GA 30341-3717 USA, 2006.  
<http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSEM/chromium/standardsregulations.html>
- BAENA ROMERO, Antonio.** *Contaminación de Agua por Metales Pesados*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Apartado 553. Universidad de Sevilla. Sevilla. 2005.
- BOTELLO V., Antonio y RENDÓN VON OSTÉN, Jaime.** *Contaminación e Impacto Ambiental*, Segunda Edición, 2005.
- CARRASCO OVIEDO, Sofía.** *Análisis y propuesta de la gestión institucional de las aguas lluvias urbanas del gran Santiago*, Santiago de Chile, 2009.
- CÓRDOVA ZAMORA, Manuel.** *Estadística Inferencial*, Segunda Edición, Editorial Moshera S.R.L de Lima, Perú, 1996.
- CTRC (Chromate Toxicity Review Committee)** Scientific review of toxicological and human health issues related to development of a public health goal for chromium (VI). E.U.A, 2001.
- DAS NILANJANA, VIMALA ROMOO, y KARTHIKA, P.** *Biosorption of heavy metals – An overview*. Indian J Biotechnol 7:159-169, 2008.
- DUFFUS, Jhon H.** *Toxicología ambiental*. 1ª Edición. Editorial Omega. España. 173 pp., 1983.
- FDA's Consumer Updates page**, que muestra lo más reciente de todos los productos regulados por la FDA. 19 de Septiembre de 2012. Disponible en:  
<http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm149202.htm>
- FINCK, Arnold.** *Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca del Llobregat*. Tesis Doctoral, Barcelona, 1988.

- GALÁN HUERTAS, Emilio y BAENA ROMERO, Antonio.** *Contaminación de agua por metales pesados.* Macla, 10, 48-61, 2008.
- GARCÍA LORENZO, Mari Luz y BAENA ROMERO, Antonio.** *Evaluación de la contaminación por vía hídrica de elementos traza en áreas con influencia minero metalúrgicas.* Aplicación a la Sierra de Cartagena- La Unión (Murcia). Memoria Tesis Doctoral Universidad de Murcia. 447 pp., 2008.
- GUERRA LAURA, Patricia Amelia.** *Producción y caracterización de Biochar a partir de la biomasa residual de sistemas agroforestales y de agricultura convencional en la Amazonía Peruana.* Tesis para optar el Título Profesional. Universidad Agraria La Molina. Lima- Perú, 2015.
- GUTIÉRREZ CORONA, Félix y CERVANTES CAMPOS, Carlos.** *Interacciones microbianas con el cromo: mecanismos y potencial biotecnológico;* Ide@s CONCYTEG; Año 3, Núm. 37; 21-36, 2008.
- HOMER, D. Chapman; PARKER, F. Pratt** *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas.* Editorial Trillas. México. 195 pp. Horwitz, W., 1988.
- HUARANGA MORENO, Félix.** *Concentración de metales pesados en muestras de agua provenientes de la cuenca del río Moche durante 1990.* XI Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú, 2012.
- JIMÉNEZ GÓMEZ, Segundo y DOADRIO VILLAREJO, Antonio.** *Contaminación y salud,* monografía XXII, 2014.
- Mapfre Medicina, Fundación** *Metales pesados tóxicos. Normativa actual y técnica de análisis.* MAPFRE MEDICINA S.A. España. Pp. 3-23, 1996.
- MANAHAN, Stanley.** *Introducción a la química ambiental,* Editorial Reverté, Barcelona, España, 2006.
- MARZAL, Carlos.** *Metales Pesados.* Barcelona, Tusquets. Premio Nacional de la Crítica, 2002; Premio Nacional de Poesía, 2002, 2001.

- MEZA PÉREZ, Aurora.** *Bioacumulación de metales pesados en arroz cultivado bajo condiciones de contaminación en la subcuenca Mampostón.* Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN -1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, Vol. 24, No. Especial. La Habana, Cuba, 2015.
- MISRA DINESH, Mani.** *Metallic Pollution.* Ashish Publishing House. New Delhi, 1992.
- MOLINA RIOS, Enrique.** *Contaminated Sediments,* Lecture Notes in Earth Sciences, Ed. by Forstner U., Vol. 21, Springer – Verlag, Germany, (2004), pp. 1-157, 2004.
- MORALES MENDOZA, Ever.** *Metales Pesados y su Impacto Medioambiental.* Estación Experimental del Tabaco. Finca Vivero, San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba. Vol. 10, N° 2, 2001.
- MORE TARRILLO, M y GUERRA CORDOVA, J.** “*Evaluación del uso y aprovechamiento potencial del agua para el abastecimiento poblacional en la microcuenca de la quebrada Juninguillo, Moyobamba 2013*”, investigación realizada por la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2014.
- NÚÑEZ CHÁVEZ, Rafael.** *Técnicas in vitro para la biorremediación de cromo y plomo;* Informe presentado a la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar al título de Bachiller en Ingeniería en Biotecnología; CARTAGO, 2007.
- Organización mundial de la Salud,** “*Guía de la OMS sobre niveles guía de calidad de aire y contaminantes de ambientes interiores*” [En línea] 2013. [Citado el: 13 de Junio de 2015.] <http://www.who.int/mediacentrefactsheets/fs372/es/>
- OMS-FAO.** *Evaluación de diversos aditivos alimentarios y los contaminantes aluminio, fierro y cromo.* Información Técnica N° 50. p. 01, 2012.
- PELLERIN, Cheryl y BOOKER Susan.** *Focus. Reflection on hexavalent chromim.* Environ Health Perspect 108(9):A402-A407, 2000.
- POZO GUERRERO, Wilson.** *Programa de educación e investigación en agricultura tropical sostenible en el Ecuador. Fondo Competitivo de Investigación Agropecuaria*

2002. Portafolio de Alianzas Estratégicas Internacionales y Proyectos de Investigación PROMSA. Guayaquil, Ecuador, 2001.

**RYAN, J.; LOEHR, R. y RUCKER, E.** Biorremediación of organic contaminated soils. Journal of Hazardous Materials, 1991.

**ROSAS RODRÍGUEZ, Hermógenes.** *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2001.

**SARKAR BIBUD, Hendra.** *Heavy metals in the environment*. Marcel Dekker, Inc. United States of America. Pp. 349-407, 2002.

**SOTO JACINTO, Higinio.** *Potencial contaminación por cromo en el proceso de refinación del petróleo*; Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad De Química E Ingeniería Química, 2006.

**SUÁREZ LÓPEZ, Joaquín.** *La contaminación de las escorrentías de autopistas como presión significativa sobre las masas de agua*. Universidad de A Coruña. Congreso Nacional del Medio Ambiente, 2014.

**UCLM, Universidad de Castilla - La Mancha,** 2008  
<http://www.uclm.es/users/higueras/MGA/Tema08/Minerales>

**USERO ET AL., Jaime.** *Metales Pesados y Componentes Mayoritarios en Sedimentos*. España. Vol. 3, pp. 291-298, 1997.

**VARGAS ULATE, Gilbert.** *Contaminación de las Aguas por Desechos Urbanos*. Costa Rica, 2004.

**VEGA G. Sylvia y REYNAGA O. Jesús.** *Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Noriega, Limusa. México, 1990.

**ZAFRA MEJÍA, Carlos Alonso.** *Contaminación por Escorrentía Superficial Urbana: Metales Pesados Acumulados sobre la Superficie de una Vía*. Ingeniería e Investigación, Vol. 27, No. 1, 2007, pp. 4-10, 2007.

## **ANEXOS**











### Registro de toma de muestras de la cascarilla de arroz en el área de estudio

[illegible]

## ANEXO D: Resultados de laboratorio de muestras de agua y suelo



### INFORME TÉCNICO - ESTUDIO DE AGUA Y SUELOS DE ELEMENTOS PESADOS



### PROYECTO:

“EVALUACIÓN DE METALES PESADOS (CR, AL, FE) EN AGUAS DE ESCORRENTÍA PLUVIAL EN LAS CUNETAS Y SU IMPACTO EN CULTIVOS DE ARROZ - MARONA 2017”

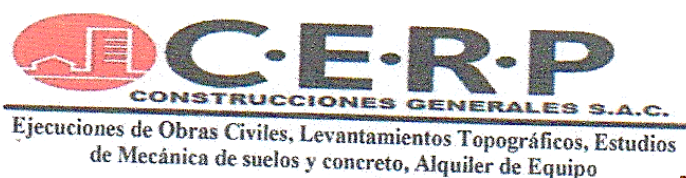
### UBICACIÓN

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| LOCALIDAD    | : | MARONA     |
| DISTRITO     | : | MOYOBAMBA  |
| PROVINCIA    | : | MOYOBAMBA  |
| DEPARTAMENTO | : | SAN MARTIN |

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
  
 CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
 GERENTE GENERAL

TARAPOTO - DICIEMBRE DEL 2,017

Jr. Santa Ines N° 481 – Tarapoto – San Martín  
 Teléfonos: Móvil 954630818 – RPM #954630818  
 Email: Virgo856@hotmail.com



## INFORME DE LABORATORIO

Por intermedio del presente tengo a bien saludarle cordialmente y aprovecho la oportunidad para hacerle llegar; el informe correspondiente a los Resultados de Laboratorio de análisis de suelos y aguas foliares.

### 1. Finalidad del Estudio

El estudio tiene como finalidad de determinar las cantidades de elementos pesados como Al, Cr, Fe en aguas de riego en las cunetas y su impacto en cultivos de que tiene los sembríos de Arroz en el Sector Marona.

### 2. Ubicación del Muestreo

La Ubicación de las muestras tomadas por la tesista Bach. Karen Patricia Guerra Alva políticamente se encuentran en el Sector Marona, Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba – San Martín, dicho muestreo se realizó en 3 etapas el 22 de agosto del 2017, 22 de octubre del 2017 y 22 de diciembre del 2017, para su georreferencia se utilizó un GPS Garmin 64 de las cuales tenemos dichas coordenadas de ubicación de cada punto de toma de agua y muestras de suelo.

### Muestreo de Aguas

| Nº | MUESTRA | COORDENADAS |          | ALTITUD |
|----|---------|-------------|----------|---------|
|    |         | X           | Y        |         |
| 01 | CUNETAS | 9329044,7   | 287373,0 | 791 m   |
| 02 | Poza 1  | 9329055,4   | 287387,5 | 819 m   |
| 03 |         | 9329077,1   | 287390,7 | 825 m   |
| 04 |         | 9329050,8   | 287364,2 | 817 m   |
| 05 | Poza 2  | 9329077,1   | 287369,6 | 825 m   |
| 06 |         | 9329062,9   | 287339,4 | 826 m   |
| 07 |         | 9329014,7   | 287698,0 | 825 m   |
| 08 | Poza 3  | 9329129,7   | 287343,8 | 824 m   |
| 09 |         | 9329134,9   | 287296,6 | 822 m   |
| 10 |         | 9329127,0   | 287362,0 | 825 m   |

### Muestreo de suelos

| Nº | MUESTRA | COORDENADAS |          | ALTITUD |
|----|---------|-------------|----------|---------|
|    |         | X           | Y        |         |
| 01 | Poza 1  | 9329044,7   | 287373,0 | 791 m   |
|    | Poza 2  | 9329014,7   | 287698,0 | 825 m   |
|    | Poza 3  | 9329129,7   | 287343,8 | 824 m   |

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
  
 CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
 GERENTE GENERAL





### 3. Accesibilidad.

El acceso a la zona de la investigación de las tomas de aguas y muestras para la evaluación de los elementos pesados se encuentra en una zona Accesible en todo sentido, por vía terrestre desde la Ciudad de Moyobamba por una carretera asfaltada por la carretera Presidente Fernando Belaunde Terry Sur aproximadamente 6.7 Km aproximadamente desde la ciudad de Moyobamba. **Ver Anexo.**

### 4. Clima y Vegetación.

Según el clima del distrito de Moyobamba, es un clima tropical permanente húmedo y cálido. La temperatura media de todos los meses es superior a los 24 °C registrando variantes comprendidas entre 18,5 y 32,4 °C, y las precipitaciones anuales superan los 1400 mm. El clima puede clasificarse como subtropical, semi húmedo.

### 5. Colección de Muestras

Para los ensayos de laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares programados se tomaron muestras de los estratos encontrados en forma representativa y uniforme, las muestras se tomaron en cantidad suficiente, como para realizar los ensayos espectrofotometría de Absorción Atómica, como también anotándose las principales características de los tipos de aguas y estratos encontrados, luego del embalaje se transportó al laboratorio para los análisis correspondientes.

Los ensayos del laboratorio se realizaron en la Facultad de Ciencias Agrarias, en la Universidad Nacional de San Martín.

### 6. Resultados de Ensayos de Laboratorio

Para los resultados de los ensayos de laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares se obtuvieron ciertos gráficos y parámetros para la interpretación de los elementos pesados de ( Fe, Al y Cr ). **Ver anexo**

**La línea roja fraccionada indica el límite mínimo permisible en las aguas**

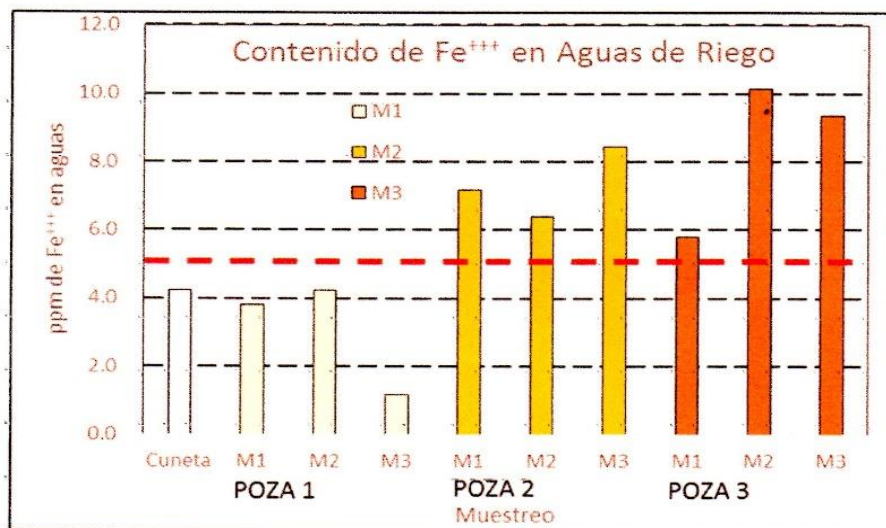
CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
  
CHRISTIAN EDUARDO RÍOS PAREDES  
GERENTE GENERAL



Ejecuciones de Obras Civiles, Levantamientos Topográficos, Estudios de Mecánica de suelos y concreto, Alquiler de Equipo

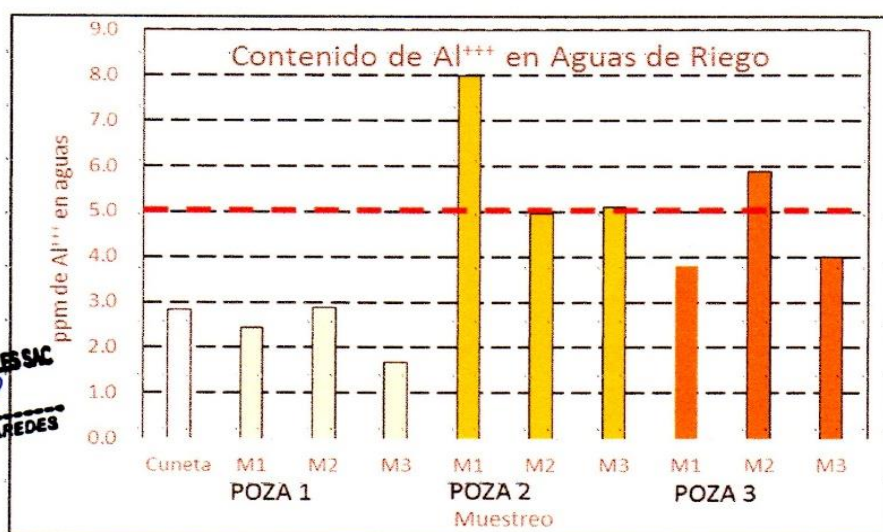
4

- a. Resultados obtenidos del contenido de **Fe** realizados en los tres puntos de muestreo, Primer muestreo mes de Agosto, segundo Muestreo mes de Octubre y tercer muestreo mes de Diciembre.



La línea roja fraccionada indica el límite mínimo permisible en las aguas equivalente a 5 ppm de Fe<sup>+++</sup>.

- b. Resultados obtenidos del contenido de **Al** realizados en los tres puntos de muestreo, Primer muestreo mes de Agosto, segundo Muestreo mes de Octubre y tercer muestreo mes de Diciembre

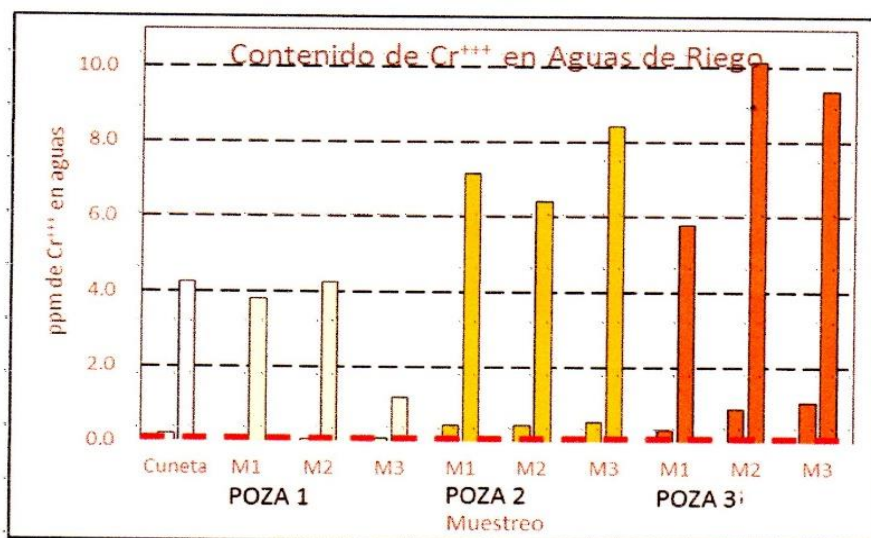


La línea roja fraccionada indica el límite mínimo permisible en las aguas equivalente a 5 ppm de Al<sup>+++</sup>.

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
CHRISTIAN EDUARDO RIOS PAREDES  
GERENTE GENERAL

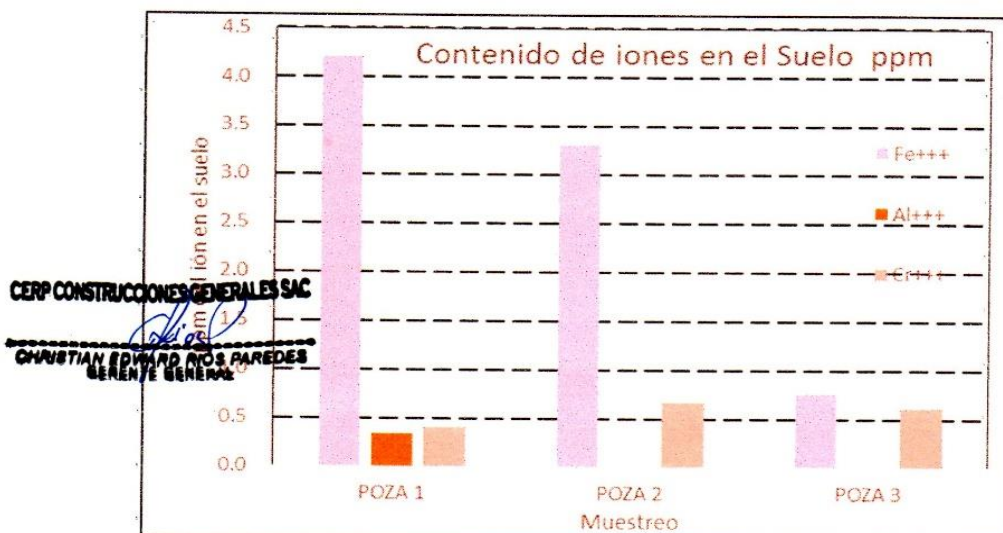


- c. Resultados obtenidos del contenido de **Cr** realizados en los tres puntos de muestreo, Primer muestreo mes de Agosto, segundo Muestreo mes de Octubre y tercer muestreo mes de Diciembre



La línea roja fraccionada indica el límite mínimo permisible en las aguas equivalente a 0.1 ppm de  $Cr^{+++}$ . Las cuales sobrepasan los límites permisibles (hace suponer que está contaminado con residuos urbanos)

- d. Resultados obtenidos del contenido de **iones en los suelos (ppm)** realizados en los tres puntos de muestreo, Primer muestreo mes de Agosto, segundo Muestreo mes de Octubre y tercer muestreo mes de Diciembre

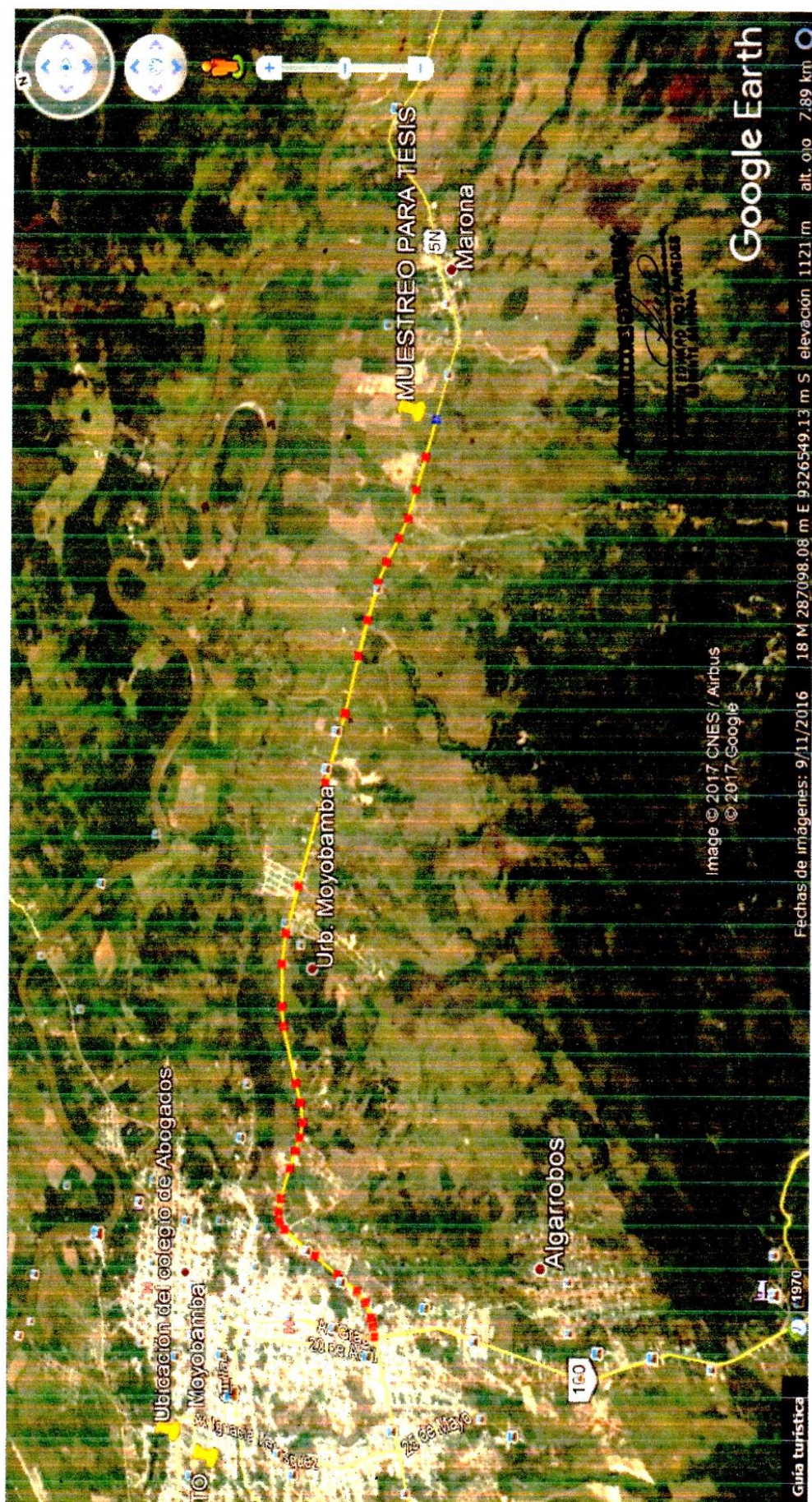




# **ANEXO 01**

**PLANO DE ACCESIBILIDAD PARA EL  
MUESTREO DE LOS ANÁLISIS**

# ACCESIBILIDAD PARA EL MUESTREO



Fuente: Google Earth

# ANEXO 02

RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS  
ANALISIS QUÍMICOS

Cr – Al - Fe





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y PLANTAS  
 ANÁLISIS DE METALES - AGUAS

PROCEDENCIA: ALTO MAYO  
 PROVINCIA: MOYOBAMBA

FECHA DE REPORTE:  
 SECTOR: MOYOBAMBA

**Aguas**

| Muestra          | pH   | C.E. uS/cm | mg/L  |      |      |
|------------------|------|------------|-------|------|------|
|                  |      |            | Fe    | Al   | Cr   |
| Poza1 muestra 1  | 7.43 | 154.30     | 3.80  | 2.44 | 0.00 |
| Poza1 muestra 2  | 6.87 | 149.20     | 4.25  | 2.89 | 0.05 |
| Poza1 muestra 3  | 7.35 | 402.60     | 1.16  | 1.69 | 0.09 |
| Poza 2 muestra 1 | 6.63 | 238.60     | 7.16  | 8.00 | 0.44 |
| Poza 2 muestra 2 | 7.26 | 418.20     | 6.40  | 4.96 | 0.44 |
| Poza 2 muestra 3 | 7.08 | 382.00     | 8.44  | 5.10 | 0.52 |
| Poza 3 muestra 1 | 6.64 | 236.10     | 5.80  | 3.80 | 0.30 |
| Poza 3 muestra 2 | 6.51 | 187.20     | 10.14 | 5.89 | 0.89 |
| Poza 3 muestra 3 | 6.70 | 194.70     | 9.36  | 4.00 | 1.04 |
| Cuneta           | 7.83 | 177.80     | 4.25  | 2.84 | 0.18 |

*Determinaciones Espectrofotometría de Absorción Atómica*

**Suelos**

| Muestra          | pH   | C.E. uS/cm | Fe          | Al       | Cr          |
|------------------|------|------------|-------------|----------|-------------|
|                  |      |            | mg/kg (ppm) | meq/100g | mg/kg (ppm) |
| Poza 1 muestra 1 | 5.42 | 63.20      | 4.21        | 0.34     | 0.40        |
| Poza 2 muestra 2 | 5.66 | 47.60      | 3.31        | 0.00     | 0.66        |
| Poza 3 muestra 3 | 6.19 | 85.31      | 0.76        | 0.00     | 0.61        |

*Determinaciones Espectrofotometría de Absorción Atómica*

**Límites de concentración en aguas de riego**

| Parámetro     | Concentración máxima recomendada en largos periodos de riego (mg/L) | Concentración máxima recomendada en cortos periodos de riego (mg/L) |
|---------------|---|---|
| Cromo (Cr)    | 0.10  | 1.00  |
| Aluminio (Al) | 5.00  | 20.00   |
| Hierro (Fe)   | 5.00  | 20.00   |

Fuente: Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies, Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University System, 1996.

**CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC**  
**CHRISTIAN EDUARDO RIOS PAREDES**  
 GERENTE GENERAL

**Ing. Carlos Verde Cárdenas**  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNISM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

# **ANEXO 03**

## **RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS QUÍMICOS**

**Cr – Al - Fe**



SE OBSERVA A TESISISTA RECOLECTANDO LAS MUESTRAS DE AGUA DE LA CUNETETA



SE OBSERVA A TESISISTA RECOLECTANDO LAS MUESTRAS DE AGUA DE LA PRIMERA POZA



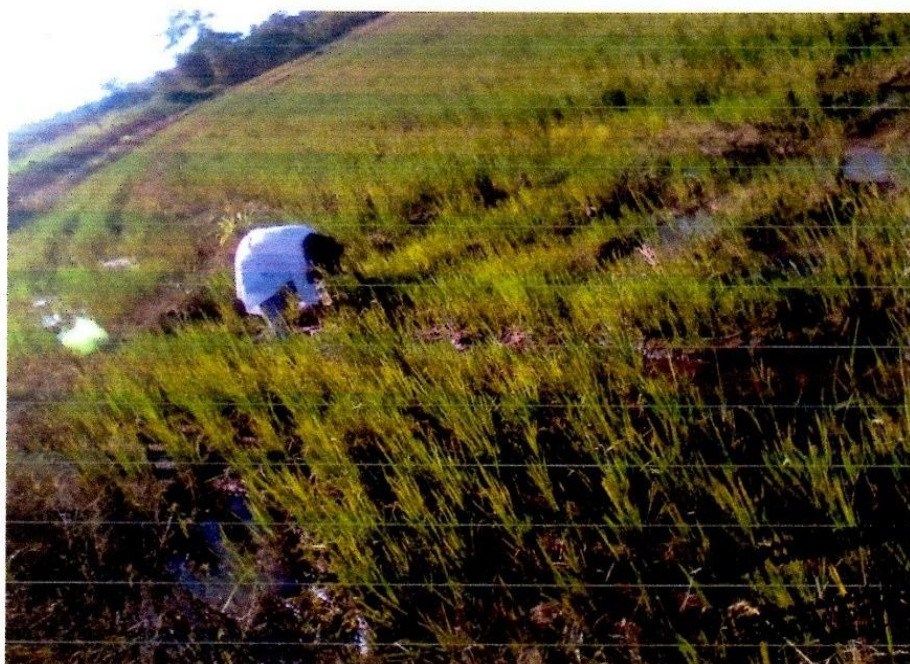
CHRISTIAN EDUARDO RIVERA  
GERENTE GENERAL



SE OBSERVA A TESISTA RECOLECTANDO LA MUESTRA DE AGUA DE LA  
SEGUNDA POZA



SE OBSERVA A TESISTA RECOLECTANDO LAS MUESTRAS DE AGUA DE LA  
TERCERA POZA



GERALES SAC  
23/10/2010  
LOS PAREDES  
GERAL

## ANEXO E: Resultados de laboratorio de muestras de arroz



### INFORME TÉCNICO – ESTUDIO DE ANALISIS DE GRANOS DE ARROZ



#### PROYECTO:

“EVALUACION DE METALES PESADOS (Al, Cr, Fe) EN AGUAS DE ESCORRENTIA PLUVIAL EN LAS CUNETAS Y SU IMPACTO EN CULTIVOS DE ARROZ – MARONA 2017”

#### UBICACIÓN:

LOCALIDAD : MARONA  
 DISTRITO : MOYOBAMBA  
 PROVINCIA : MOYOBAMBA  
 DEPARTAMENTO : SAN MARTIN

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
  
 CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
 GERENTE GENERAL

TARAPOTO – FEBRERO DEL 2,018

Jr. Santa Inés N° 481 – Tarapoto – San Martín  
 Teléfonos: Móvil 954630818- RPM #954630818  
 Email: Virgo856@hotmail.com





## INFORME DE LABORATORIO

Por intermedio del presente tengo a bien saludarle cordialmente y aprovecho la oportunidad para hacerle llegar; el informe correspondiente a los Resultados de Laboratorio de análisis de los granos de Arroz.

### 1. Finalidad del Estudio

El estudio tiene como finalidad de determinar las cantidades de elementos pesados como Al, Cr, Fe en los granos que tienen los sembríos de Arroz en el sector Marona.

### 2. Ubicación del Muestreo

La Ubicación de las muestras tomadas por la tesista Bach. Karen Patricia Guerra Alva políticamente se encuentran en el Sector Marona, Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba – San Martín, dicho muestreo para su georreferenciación se utilizó un GPS Garmin 64 de las cuales tenemos dichas coordenadas de ubicación de cada punto de toma de muestra de grano de arroz.

### Muestreo de granos de arroz

| Nº | MUESTRA | COORDENADAS |          | ALTITUD |
|----|---------|-------------|----------|---------|
|    |         | X           | Y        |         |
| 01 | Poza 1  | 9329077,1   | 287390,7 | 825m    |
| 02 |         | 9329050,8   | 287364,2 | 817 m   |
| 03 | Poza 2  | 9329014,7   | 287698,0 | 825m    |
| 04 |         | 9329077,1   | 287369,6 | 825 m   |
| 05 | Poza 3  | 9329129,7   | 287343,8 | 824m    |
| 06 |         | 9329134,9   | 287296,6 | 822 m   |

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC

*Christian Edward Rios Paredes*  
 CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
 GERENTE GENERAL

Jr. Santa Inés N° 481 – Tarapoto – San Martín  
 Teléfonos: Móvil 954630818- RPM #954630818  
 Email: Virgo856@hotmail.com



### 3. Accesibilidad

El acceso a la zona de la investigación de las tomas de muestra de granos de arroz para la evaluación de los metales pesados se encuentra en una zona Accesible en todo sentido, por vía terrestre desde la ciudad de Moyobamba por una carretera asfaltada por la carretera Presidente Fernando Belaunde Terry Sur aproximadamente 6.7 Km aproximadamente desde la ciudad de Moyobamba. **Ver Anexo.**

### 4. Clima y Vegetación

Según el clima del distrito de Moyobamba, es un clima tropical permanente húmedo y cálido. La temperatura media de todos los meses es superior a los 24 °C registrando variantes comprendidas entre 18,5 y 32.4 °C, y las precipitaciones anuales superan los 1400 mm. El clima puede clasificarse como subtropical, semi húmedo.

### 5. Recolección de Muestras

Para los ensayos de laboratorio de análisis de los granos de Arroz se tomaron muestras de las parcelas demostrativas en forma representativa y uniforme, las muestras se tomaron en cantidad suficiente, como para realizar los ensayos espectrofotometría de Absorción Atómica, luego del embalaje se transporto al laboratorio para los análisis correspondientes.

Los ensayos de laboratorio se realizaron en la Facultad de Ciencias Agrarias, en la Universidad Nacional de San Martín.

### 6. Resultados de Ensayos de Laboratorio

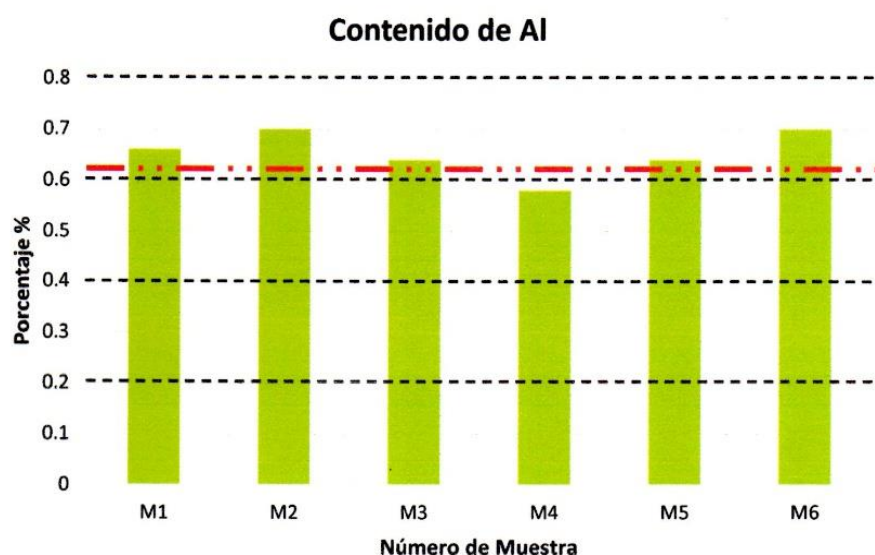
Para los resultados de los ensayos de laboratorio de análisis de los granos de arroz obtuvieron ciertos gráficos y parámetros para la interpretación de los elementos pesados de (Al, Cr, Fe). Como también los porcentajes de otros elementos que se encontraron dentro de los análisis. **Ver Anexo.**

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
  
 CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
 GERENTE GENERAL

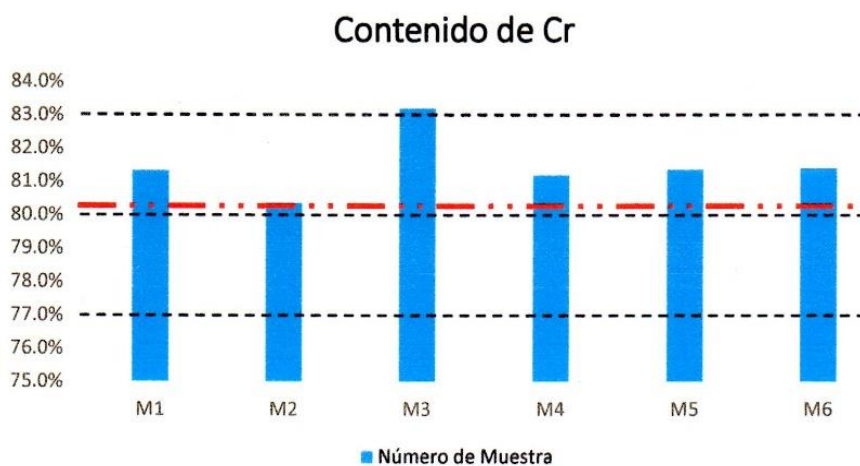
Jr. Santa Inés N° 481 – Tarapoto – San Martín  
 Teléfonos: Móvil 954630818- RPM #954630818  
 Email: Virgo856@hotmail.com



- a. Resultados obtenidos del AI realizados en las seis muestras, obteniendo el valor reportado por análisis proximales de arroz integral es de 0.0092%. Con un promedio de 0.618%



- b. Resultados obtenidos del Cr realizados en las seis muestras, obteniendo el valor reportado por análisis proximales de arroz integral es de 16.75% con un promedio de 80.89%.



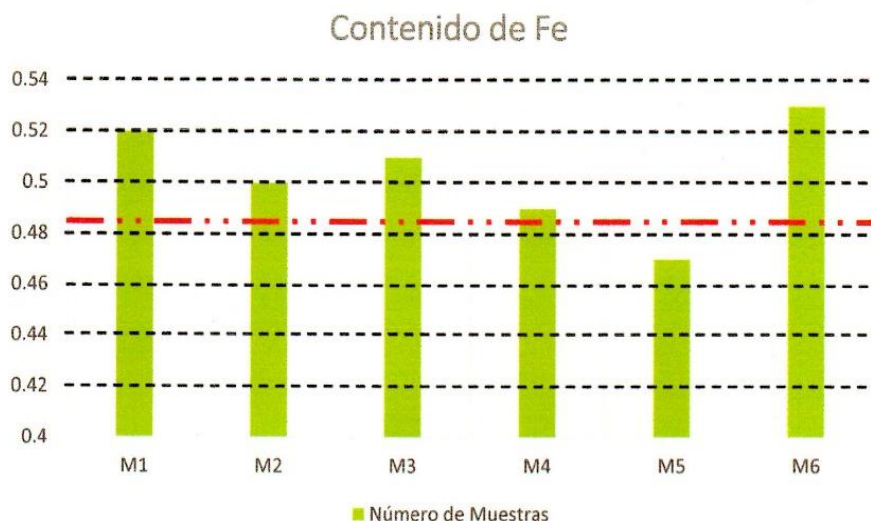
CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
*Christian Edward Rios Paredes*  
CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
GERENTE GENERAL

Jr. Santa Inés N° 481 – Tarapoto – San Martín  
Teléfonos: Móvil 954630818- RPM #954630818  
Email: Virgo856@hotmail.com



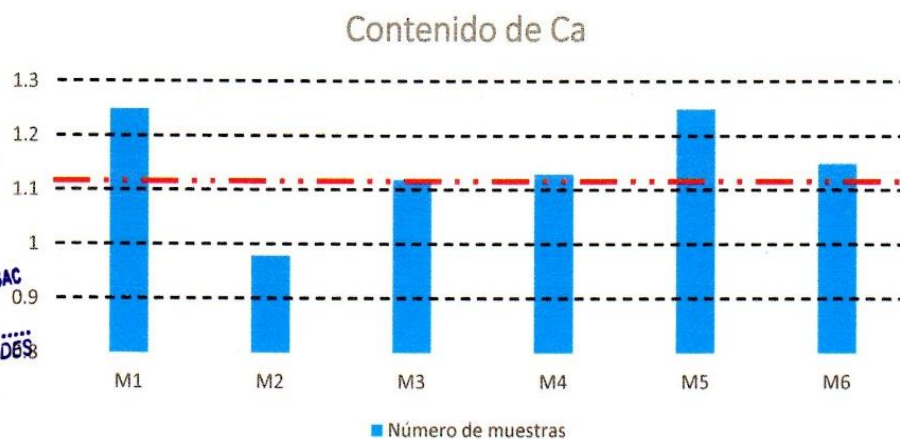


- c. Resultados obtenidos del contenido de Fe realizados en las seis muestras, obteniendo el valor reportado por análisis proximales de arroz integral es de 0.15% con un promedio de 0.482%.



#### OTROS ELEMENTOS ENCONTRADOS DENTRO DEL ANALISIS

- a. Resultados obtenidos del contenido de Ca realizados a las 6 muestras, obteniendo el valor reportado por análisis proximales de arroz integral es de 0.0126% con un promedio de 1.118%.



CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
GERENTE GENERAL



- b. Resultados obtenidos de los análisis vasados a 100g de cada uno de las muestras expresadas en porcentajes.

**Arroz entero (grano más cascarilla)**

| Muestra                     | Al      | Cr     | Fe    | Ca      |
|-----------------------------|---------|--------|-------|---------|
| M1                          | 0.66%   | 81.32% | 0.52% | 1.25%   |
| M2                          | 0.70%   | 80.36% | 0.50% | 0.98%   |
| M3                          | 0.64%   | 83.21% | 0.51% | 1.12%   |
| M4                          | 0.58%   | 81.20% | 0.49% | 1.13%   |
| M5                          | 0.64%   | 81.36% | 0.47% | 1.25%   |
| M6                          | 0.70%   | 81.40% | 0.53% | 1.15%   |
| Arroz integra<br>en Cenizas | 0.0092% | 16.75% | 0.15% | 0.0126% |
|                             |         | 94.10% |       |         |

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC  
*Chios*  
CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES  
GERENTE GENERAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
 Jr. Amorrarca Cdra. 3  
 Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA  
 Morales - San Martín  
 Central: 042521402  
[www.unsm.edu.pe/](http://www.unsm.edu.pe/)

**INFORME DE ENSAYO N° 001 - 2018 - LSFCA-UNSM-T**

Dirección : Rioja  
 Producto : Arroz con Cascarilla  
 Cantidad de muestra : 100 g Aprox. Por muestra  
 Presentación : Sobre manila rotulado  
 Instrucciones de ensayo : Indicadas por el cliente  
 Procedencia : Rioja  
 Fecha de ingreso : 25/01/2018  
 Fecha de reporte : 07/02/2018

| Muestra<br>Arroz con<br>cascarilla<br>mezclada | Parámetros Evaluados en % ó g/100g |       |      |      |
|--|------------------------------------|-------|------|------|
|  | Al %                               | Cr %  | Fe % | Ca % |
| M1   | 0.66                               | 81.32 | 0.52 | 1.25 |
| M2   | 0.70                               | 80.36 | 0.50 | 0.98 |
| M3   | 0.64                               | 83.21 | 0.51 | 1.12 |
| M4   | 0.58                               | 81.20 | 0.49 | 1.13 |
| M5   | 0.64                               | 81.36 | 0.47 | 1.25 |
| M6   | 0.70                               | 81.40 | 0.53 | 1.15 |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
 Facultad de Ciencias Agrarias

**Ing. Carlos Verde Girbau**

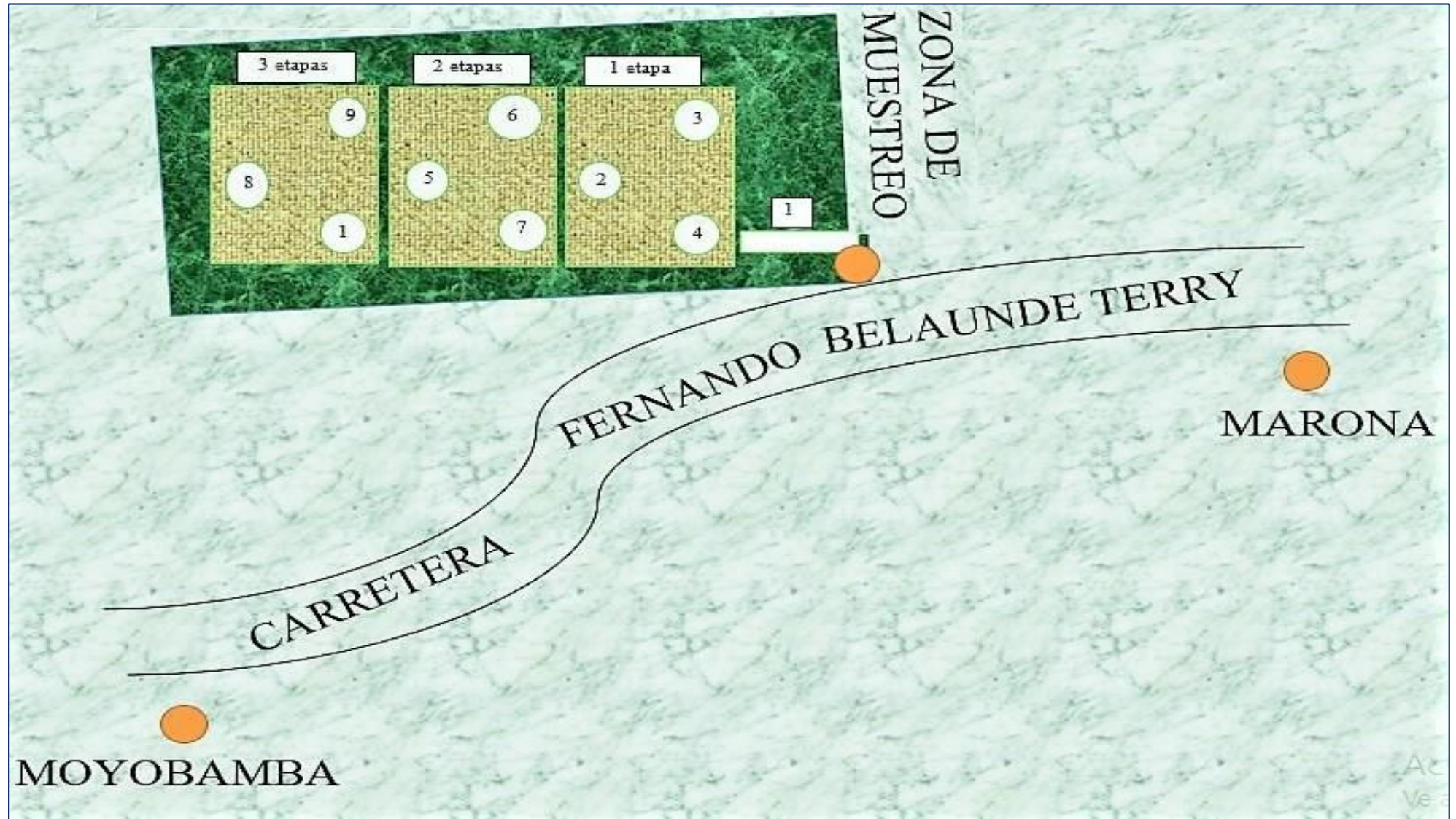
TECNICO DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

CERP CONSTRUCCIONES GENERALES SAC

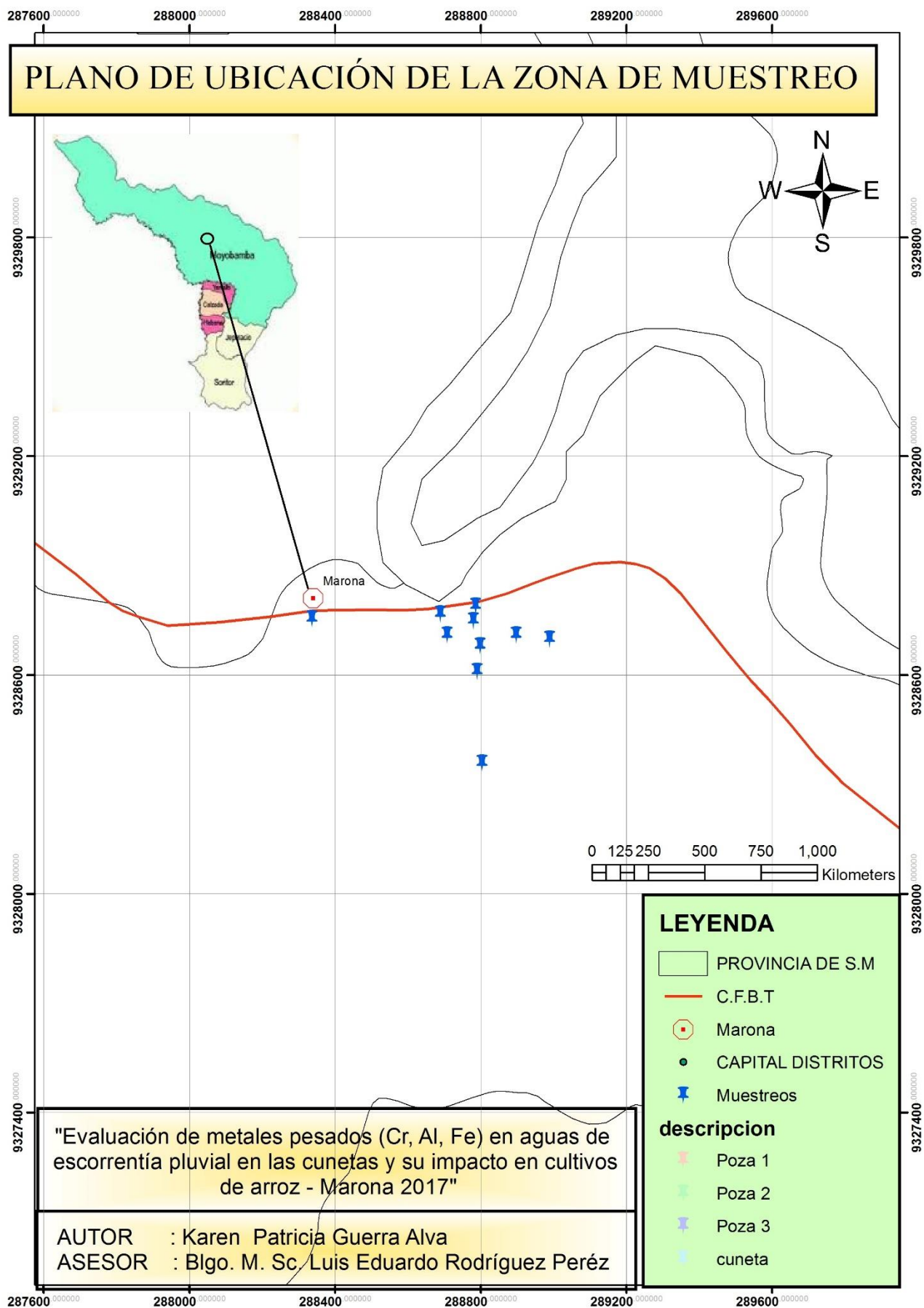
**CHRISTIAN EDWARD RIOS PAREDES**  
 GERENTE GENERAL



ANEXO F: Gráfico de la zona de muestreo



## ANEXO G: Plano de ubicación de muestreo





## **ANEXO H: Panel Fotográfico**

### **ANEXO 1H: Recolección de muestras de agua en la cuneta**



### **ANEXO 2H: Recolección de muestras de agua en la poza N°01**



**ANEXO 3H:** Recolección de muestras de agua en la poza N°02



**ANEXO 4H:** Recolección de muestras de agua en la poza N°03





**ANEXO 5H:** Toma de coordenadas de la poza N°01



**ANEXO 6H:** Toma de coordenadas de la poza N°02



**ANEXO 7H:** Toma de coordenadas de la poza N°03



**ANEXO 8H:** Equipos utilizado en campo (GPS Garmín 64 y termómetro ambiental)

